

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНИЙ КЛІНІЧНИЙ ЦЕНТР
«ГОЛОВНИЙ ВІЙСЬКОВИЙ КЛІНІЧНИЙ ГОСПІТАЛЬ»
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ НЕКОМЕРЦІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ РАКУ»**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГРЕЧАНИК ОЛЕНА ІВАНІВНА

УДК 616–001.3/.5–073.7]:355/359«20»

ДИСЕРТАЦІЯ

ПРОМЕНЕВА ДІАГНОСТИКА БОЙОВОЇ ХІРУРГІЧНОЇ ТРАВМИ

224 – Технології медичної діагностики та лікування
22 – Охорона здоров'я

Подається на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____Гречаник Олена Іванівна

Київ – 2024

АНОТАЦІЯ

Гречаник О.І. Променева діагностика бойової хірургічної травми. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук за спеціальністю 14.01.23 «Променева діагностика та променева терапія» (224 – Технології медичної діагностики та лікування). – Національний військово-медичний клінічний центр «Головний військовий клінічний госпіталь», Київ, 2024.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної проблеми військової медицини – підвищенню ефективності променевої діагностики бойових ушкоджень (БУ) із застосуванням променевих методів медичної візуалізації для покращення лікування постраждалих із бойовою хірургічною травмою. Задля досягнення визначеної мети проведено серію експериментальних досліджень; розроблено систему медичної візуалізації бойової травми (МВБТ) на рівнях медичного забезпечення (РМЗ); визначено діагностичну та прогностичну ефективність сучасних методів променевої діагностики у первинній оцінці бойової травми (БТ), динамічному контролі клінічного перебігу, прогнозуванні ускладнень та ризиків летальних випадків.

Піддано якісному та медико-статистичному аналізу результати клініко-епідеміологічних та комплексних променевих обстежень (рентгенологічних: рентгенографія (РГ), мультidetекторна комп'ютерна томографія (МДКТ); рентгеновська ангіографія (РАГ), ультразвукових (УЗД) та магнітно-резонансно томографічних (МРТ) 1014 постраждалих із БТ, які проходили хірургічне лікування в Національному військово-медичному клінічному центрі «ГВКГ» (НВМКЦ «ГВКГ»), військово-медичних клінічних центрах регіонів (ВМКЦ) та цивільних медичних закладах районів проведення антитерористичної операції, операції об'єднаних сил (АТО/ООС), Революції Гідності та повномасштабної російсько-української війни у 2013–2023 роках.

Клініко-діагностичне спостереження постраждалих із бойовою хірургічною травмою поділено на дві лікувально-діагностичні групи. Основну

(II) групу склали 653 постраждалих із БТ, (583 (89,3 %) вижили, 70 (10,7 %) померли); порівняльну (I) – 361 постраждалих, (326 (90,3 %) вижили, 35 (9,7 %) померли). Середній вік постраждалих, які вижили, 34 роки, які померли – 36 років. При обстеженні основної (II) групи застосовані всі методи МВБТ, з них: МДКТ із контрастуванням (II₂ підгрупа) та без контрастування (II₁ підгрупа). Постраждалим порівняльної (I) групи МДКТ проводили без контрастування.

З метою експериментального обґрунтування доцільності застосування окремих методів променевої візуалізації при бойових ушкодженнях та вивчення характеру вогнепальних поранень від стрілецької зброї, різних уражаючих факторів (заброневої травми, закритої бойової травми та вогнепальних поранень) в процесі роботи здійснено серію модельних балістичних експериментів на біологічних та небіологічних об'єктах.

В експериментальних умовах на комбінованому балістичному біологічному імітаторі (КББІ) при пострілах зі стрілецької зброї (АК-74 та снайперська гвинтівка Драгунова (СГД) кулями (БК) калібру 5,45x39 мм патрона 7Н10 та БК 7,62 мм (Б-32) у відкриті анатомо-функціональні зони (АФЗ) встановлено руйнівну властивість БК при наскрізних та переважно вогнепальних ранах (ВР) зі сліпими рановими каналами (РК) різної локалізації та закритої бойової травми без РК (вибухова травма легень (ВТЛ), закрита бойова травма (ЗБТ) живота, черепно-мозкова БТ). Для імітації осколкових поранень АФЗ КББІ застосовано великокаліберні БК 12,7 мм. На желатинових блоках у серії пострілів із штурмової автоматичної зброї противника (АК-12) модифікованою БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н39 із карбїду вольфраму вивчено особливості РК при різних дистанціях пострілів. Так, із відстані 10 та 100 м РК мали вигляд мультиосколкової доріжки з розщепленням за рахунок власних осколків БК (серцевини, щільність 3071 од. НУ, «сорочки», щільність 3050–3070 од. НУ) та осколків бронепластики (щільність 1400-1700 од. НУ). З відстані 250 та 300 метрів РК містили множинні пухирці газу при мінімальній кількості осколків, з крупним лідируючим осколком сердечника (щільність 3071 од. НУ).

В умовах гострого експерименту виявлено візуальні ознаки бойових ушкоджень: газ у рановому каналі, підшкірна емфізема (щільність -902 ± 28 од. НУ); гематома орбіти (щільність $+65,5 \pm 15$ од. НУ); гемосинус (щільність $+50,2 \pm 19$ од. НУ); переломи кісток; пневмоцефалія (щільність -953 ± 30 од. НУ); гематома мозку (щільність $+76,6 \pm 5,5$ од. НУ); субарахноїдальний крововилив (САК, щільність $+55,5 \pm 8,0$ од. НУ); пневмомедіастинум (щільність -973 ± 20 од. НУ); гемоперикардіум (щільність $+70,3 \pm 4,2$ од. НУ); пневмоторакс (щільність $-880 \pm 15,0$ од. НУ); гемоторакс (щільність $+46,7 \pm 17,6$ од. НУ); забій легень (щільність -110 ± 12 од. НУ); пневмоперитонеум (щільність $-943 \pm 33,3$ од. НУ); гемоперитонеум ($+54 \pm 12,4$ од. НУ); забій печінки (щільність $+25,2 \pm 8,2$ од. НУ); сторонні тіла вогнепального походження (СТВП) – сердечник БК, щільність 3071 од. НУ; осколки оболонки «сорочки», щільність 3046–3067 од. НУ), сторонні тіла невогнепального походження (СТНВП), кісткові уламки, щільність 1090 ± 20 од. НУ). Експериментально визначені візуальні показники стали еталоном для оцінки обсягу та характеру бойової травми.

При вогнепальному ураженні 20 % желатинових балістичних блоків БК 7Н39 з російського трофейного АК-12 застосували формулу об'єму та розраховали прогностичний індекс j (%) руйнації м'яких тканин та кісток ($j \leq 40$ % – прогноз сприятливий; $j > 40$ % – прогноз несприятливий). При гістологічному дослідженні біоптатів вогнепальних ран та ділянок бойових ушкоджень АФЗ виявлено поширені або локальні крововиливи; набряк, білкову та змішану дистрофію; некроз, повне або часткове руйнування клітин; повнокровність органів, плазморагію; некроз клітин спинного мозку у зоні контакту з осколками.

Вивчаючи ступінь залежності ризику летального випадку в групах порівняння, з'ясовано: 1) групи не відрізнялися у розподілі за статтю, наявністю бойового досвіду, прогнозування негативних результатів лікування ($p=0,780$, $p=0,265$, $p=0,667$ відповідно); 2) виявлена відмінність між групами по типу бойових ушкоджень: в основній групі переважали вибухові поранення (26,0 %

випадків) та вибухова травма (36,9 % випадків), у порівняльній – 16,1 % та 22,4 % випадків відповідно ($p < 0,001$); 3) застосування засобів індивідуального захисту спостерігалось частіше в основній групі (84,7 % випадків) проти порівняльної групи (70,1 % випадків), ($p < 0,001$); 4) виявлено зв'язок ($p = 0,036$) ризику летального випадку з типом бойової травми у групі I – невогнепальної травми у 15,9 % випадків, вибухового поранення у 13,8 % випадків, вибухової травми у 7,4 % випадків та вогнепального поранення (кульового, осколкового) у 5,2 % випадків; в основній II групі ризик був рівнозначно пов'язаний із вогнепальною травмою (кульовими, осколковими пораненнями у 8,8 %, вибуховими пораненнями у 11,1 %, вибуховою травмою у 11,6 % випадків) та невогнепальною травмою у 11,5 % випадків, що обумовлено повномасштабною війною ($p = 0,106$). В групах порівняння (II групі – у 12,6 % (82 постраждалих) та I групі – у 9,4 % (34 постраждалих) достовірної різниці між ушкодженнями очей не виявлено ($p = 0,149$). У розподілі постраждалих із БТ за ознакою відношення до проведених візуалізуючих методів на РМЗ визначено перевагу використання УЗД ($58,4 \pm 1,6$) % над РГ ($18,6 \pm 1,2$) %, МДКТ ($14,7 \pm 1,1$) %, МРТ ($6,5 \pm 0,8$) % та РАГ ($1,8 \pm 0,4$) %, ($p < 0,05$). На РМЗ визначено коефіцієнт, умовний показник K_p для прогнозування кількісної потреби у візуалізуючих методах, а саме: 3 УЗД, 1 РГ та 1 МДКТ (на одного постраждалого) для діагностики бойових ушкоджень.

На IV РМЗ МДКТ стала провідним променевим методом діагностики БТ та її ускладнень у ($73,0 \pm 3,7$) % постраждалих при наданні діагностичної та хірургічної допомоги ($p < 0,01$). За кривою операційних характеристик $AUC = 0,62$ (95 % ДІ 0,59 – 0,65) з чутливістю 56,2 % та специфічністю 63,2 % встановлено, що кількість хірургічних втручань > 5 збільшило ризик летального випадку в постраждалих у післяопераційному періоді, а кількість променевих досліджень зростала відповідно до кількості операцій. Ступінь тяжкості травми у постраждалих II групи був вище, ніж у постраждалих I групи ($p < 0,001$), що пов'язано із застосуванням, крім стрілецької, високоенергетичної зброї, бойових дронів. Ступінь важкості травми та стану постраждалих із вибуховим пораненням був вищий, ніж у постраждалих із невогнепальною травмою,

кульовими, осколковими пораненнями та вибуховою травмою ($p < 0,05$) для всіх груп порівняння. У постраждалих II групи статистично переважали поєднані та комбіновані ушкодження, а у I групі достовірно частіше була ізольована та множинна травма ($p < 0,001$). Ступінь важкості травми та стану у постраждалих із індексом маси тіла (ІМТ) $< 18,5 \text{ кг/м}^2$, недовогою був вищим ($p < 0,05$), ніж у постраждалих із нормальною вагою (ІМТ $18,5\text{--}24,9 \text{ кг/м}^2$), що пов'язано із розвитком ускладнень та рановим чи травматичним виснаженням. При оцінюванні взаємозв'язку між рівнем креатиніну в плазмі крові у постраждалих із важкістю травми, стану встановлено, що важкість стану зростає із збільшенням рівня креатиніну ($p < 0,001$), а відмінність між групами розподілу від легкого до вкрай важкого стану статистично значуща ($p < 0,05$). Медіана значення показника рівня креатиніну у постраждалих у вкрай тяжкому стані незначно перевищила межове значення для чоловіків, що виправдало діагностичну необхідність та умовну безпеку застосування МДКТ із контрастуванням для досягнення діагностичної мети за життєвими показаннями. За результатами балістичної волюмометрії, обчисленим вітальним прогностичним індексом j (%) у постраждалих незалежно від типу БТ визначилися бали важкості травми та стану: 10 та 11 балів (j 9,7 % – для невогнепальної травми; j 10,7 % – для кульового, осколкового поранення; j 9,25 % – для вибухового поранення; j 9,35 % – для вибухової травми, ($p = 0,198$), які були включені в медико-візуально-балістичну шкалу (МВШ), яка ґрунтувалася на шкалі Гур'єва Кравцова Ордатія (ГКО, 2018) та була створена для об'єктивної оцінки важкості травми, стану, клінічного перебігу та виявлення ризиків летального випадку. Доведено, що МВШ більше адаптована до шкали ISS, де враховуються анатомічні полісистемні та поліструктурні ушкодження. За кривою операційних характеристик чутливість тесту складає 95,8 % (95 % ДІ 88,3 % – 99,1 %), специфічність 57,7 % (95 % ДІ 54,3 % – 61,1 %), що підвищило точність прогнозування ризику важкості бойової травми та стану. Важкий та вкрай тяжкий стан постраждалих за значенням медіани не вплинули на середню тривалість перебування у НВМКЦ «ГВКГ», (для постраждалих, які вижили –

11 діб, для померлих – 8 діб), ($p=0,016$). Важкість стану та тяжкість травми у постраждалих основної II групи, що поступали у відділення реанімації та інтенсивної терапії (ВРІТ) для хірургічних та нейрохірургічних хворих переважали над I групою ($p<0,001$), що пов'язано з вибуховим пораненням та вибуховою травмою, а також можливістю сучасної евакуації.

У післяопераційних постраждалих встановлено зв'язок механізмів смерті з ускладненнями: набряком, набуханням головного мозку з церебральними ускладненнями (набряк головного мозку, гостре порушення мозкового кровообігу, менінгіт, менінгоенцефаліт ($p<0,001$); нирковою недостатністю з інфекційними ускладненнями (перитоніт, сепсис, газова гангрена), гострим пошкодженням нирок (ГПН), фантомними болями кукси кінцівок ($p<0,001$); дихальною, серцево-судинною, серцево-легеневою та поліорганною недостатністю з інфекційними, неінфекційними ускладненнями, пневмонією, церебральними, гемостазіологічними ускладненнями, гострим пошкодженням нирок, післяреанімаційною хворобою, пролежнями, кахексією та пухлинами ($p<0,001$), а також акубаротравмою у механізмі серцево-легеневої недостатності ($p<0,001$). Для прогнозування ризику розвитку ускладнень та зв'язку із летальним випадком при оперативних втручаннях, анестезії, у передопераційній підготовці із застосуванням МДКТ вивчили балістичну волюмометрію (ранових каналів та ділянок ушкоджень АФЗ) та встановили, що сліпий РК у 59,3 % випадків, множинний РК у 51,7 % випадків спостерігалися достовірно частіше, ніж наскрізний РК та ушкодження без РК при пораненні вибуховими, осколково-фугасними, інженерними боєприпасами, стрілоподібними елементами (флашетами), керованими авіаційними ракетами та бомбами (КАР/КАБ), ($p<0,001$). У 48,4 % випадках кульових та осколкових поранень спостерігався газ у рановому каналі, СТВП (БК, сердечник, (щільність 3071 од. НУ), осколки, оболонки, «сорочка» БК (щільність 3046–3067 од. НУ) або інші металеві, металопластикові осколки, різної щільності при пошкодженні боєприпасів, бронепластини) та СТНВП (кісткові уламки, щільність – медіана значення 1023 од. НУ), СТНВП (медичного призначення, марлеві тампони,

текстильний матеріал, щільність – медіана значення 102,3 од. НУ, без ознак накопичення контрасту). Із застосуванням експериментальної формули балістичної волюмометрії обчислення об'єму ранових каналів, ділянок бойових ушкоджень, об'єму АФЗ визначено прогностичний індекс j (%). Проведено статистичне оцінювання відносного ризику (RR) летального результату, показника етіологічної частки відносного ризику (EF). Встановлено, що показник j (%) вплинув на результат лікування $p_{\alpha}(F^{\text{exc}}) < 0,00004$, з сильною асоціацією між цими показниками $r_a = 0,98$, та $RR = 16,8$ [8,0; 33,8], $EF = [81; 100]$ %. Тому, якщо $j \leq 40$ % з ймовірністю більше 80 % прогнозували позитивний результат хірургічного лікування, і лише при пораненнях голови за тих самих умов був летальний результат.

Затяжний військовий конфлікт на сході України, який переріс у повномасштабну війну, змусив хірургів, травматологів, анестезіологів переглянути роль, місце, значення візуалізуючих методів променевої діагностики в алгоритмі надання допомоги постраждалим із БТ. Тому в сучасну схему лікувально-евакуаційного забезпечення інтегровано організаційно-діагностичну схему медичної візуалізації бойової травми на РМЗ, із визначенням мобільних сил та засобів для надання медичної допомоги під час евакуації (рентгенологічний, ультразвуковий методи, в окремих випадках МДКТ без контрастування) та стаціонарні сили, засоби (УЗД, РГ, МДКТ з та без контрастування, МРТ, РАГ, інші радіологічні методи) залежно від тяжкості БТ, стану постраждалого, згідно з клінічним діагнозом за чітко визначеними показаннями. За результатами багатофакторного аналізу встановлено, що ступінь важкості травми, стану постраждалих II групи був вищий, ніж у I групі ($p < 0,001$). У валідному розподілі за домінуючою локалізацією перше місце посіли бойові ушкодження грудної клітки та живота у 34,1 % випадків; друге – БУ голови та очей у 31,3 % випадків; третє – кінцівок, таза – 27,9 % випадків; на БУ шиї припало 3,1 % випадків, хребта – 3,6 % випадків, що спонукало до об'єднання суміжних АФЗ при МДКТ: сканування голови, грудної клітки, живота, таза у програмі *Full Body Scan*. У клінічній значущості іншої локалізації

ушкоджень визначилися БУ кінцівок у 54,0 % випадків, хребта у 24,6 % та шиї у 17,7 % випадків. Важкість БТ та стану у постраждалих із домінуючим бойовим ушкодженням голови була вищою, ніж за інших локалізацій ($p < 0,001$). Клінічний стан у постраждалих із домінуючими БУ грудної клітки та живота був важчим від БУ кінцівок ($p < 0,05$). Ризик летального випадку при домінуючому БУ голови був вищим, ніж при домінуючому БУ кінцівок ($p = 0,045$). При порівнянні відносного відсотка виявлення маркерів БУ (рідини та газу) на УЗД встановлена статистична перевага візуалізації рідини, ніж газу в порожнинах тіла у постраждалих на всіх РМЗ ($p < 0,001$). Для первинної візуалізації ушкоджень та контролю ефективно застосовували УЗД та РГ – від догоспітального рівня до госпітального лікування та у зворотному напрямку.

Ехо-, еласто-, стеатографічні, соно- та стеатометричні показники внутрішніх органів не мали відмінностей в обстежених групах та суттєвих відхилень від середньостатистичних показників. Встановлена клінічна значущість порожнинних випотів при застосуванні зсувнохвильової еластометрії (СЕГ): 0–10 кПа – трансудат; 12–20 кПа – ексудат; 22–28 кПа – кров; >30 кПа суміш гною, жовчі, фібрину, інших патологічних рідин. При бойових ушкодженнях кінцівок, синдрому тривалого стиснення, турнікетному синдромі ехоцильність м'яких тканин підвищувалася (160–210 кПа), в артеріях визначався колатеральний кровотік, або тромбози, псевдоаневризми, артеріовенозні фістули, повний або частковий розрив периферичних нервів, зміна їх ехоструктури або відсутність візуалізації. При ушкодженні судин голови та шиї у 42,9 % постраждалих комплекс-інтима медіа (КІМ) становив 1,1–1,5 мм та у 93,1 % постраждалих спостерігалися стенози каротидних артерій до 30 % за рахунок гетерогенних бляшок. У постраждалих із акубаротравмою у комплексі зі зміненими параметрами кровотоку каротидних артерій достовірно визначалися зниження швидкісних показників по хребетних артеріях, медіана значень по правій – 23,6 см/с, по лівій хребетній артерії – 27,5 см/с ($p < 0,001$). Визначено, що показник медіани значення кава-аортального індексу (0,854) у прооперованих постраждалих не мав клінічного значення. Рентгенологічний

метод без контрастування та із штучним контрастуванням забезпечив візуалізацію та контроль бойових ушкоджень опорно-рухової системи, грудної клітки, ускладнень післяопераційних станів органів черевної порожнини, таза, грудної клітки, дефектів кісткової тканини та реконструктивно-відновлювальних втручань на кінцівках. Медіана значення загальної кількості рентгенологічних досліджень за дослідний період була 2 дослідження, а сумарна опромінююча доза у масиві обстежених склала 1,6 мЗв. У НВМКЦ «ГВКГ» МДКТ при послідовному скануванні постраждалих у програмі *Full Body Scan* використовували різні фази контрастування: в артеріальну фазу сканування – ангиографія судин шії, кінцівок; в артеріальну та венозну фази – дослідження органів грудної клітки, черевної порожнини, таза; у венозну фазу – органи грудної клітки, черевної порожнини, таза; в екскреторну фазу – органи заочеревинного простору, таза та всі органи і системи безконтрастно, а безпосередньо нативно – головного мозку. У масиві обстежених безконтрастна МДКТ була проведена у 66,2 % випадках, із застосуванням контрасту у 32,8 %, у 1 % дослідження не проводили. За дослідний період медіана значення загальної кількості проведених МДКТ склала 1 дослідження, а сумарна доза опромінення була 16 мЗв.

Оцінюючи результати ультразвукового та рентгенологічного методів порівняно із результатами МДКТ (нативної, із контрастуванням, КТ-ангіографії), було визнано її як «ефективний стандарт» діагностики. Для ідентифікації бойових ушкоджень вісцеральних та периферичних судин застосовували рентгенівську ангиографію. За результатами порівняння РГ та УЗД візуалізації сторонніх тіл вогнепального походження: куль, осколків, фрагментів боєприпасів; невогнепального походження: кісткових уламків, медичного призначення, текстильний матеріал різної локалізації, у тому числі орбіт, пазух лицевого черепа, шії, кінцівок ($p=0,158$), ушкодження хребта, кісток таза виявлено статистично значимо ($p=0,020$) вищу інформативність РГ – порівняно із УЗД. Не виявлено відмінності інформативності РГ та УЗД візуалізації переломів довгих трубчастих кісток, груднино-реберного каркаса ($p=0,091$).

Відзначена висока позитивна прогностична значущість рентгенологічного методу діагностики ушкоджень легень (84,6 %), плеври (81,4 %), діафрагми (82,3 %) та ускладнень – пневмонії (85,4 %), кишкової непрохідності (92,3 %); специфічність: для легень – 85,0 %, плеври – 64,2 %, діафрагми – 84,2 %, пневмонії – 83,5 %, кишкової непрохідності – 94,3 %. Відзначена висока специфічність РГ (96,2 %) у візуалізації затікання контрасту в порожнини тіла при фістулографії; чутливість 53,0 %, +PV 93,5 %, –PV 46,4 %; плеврального випоту (чутливість 66,1 %, специфічність 83,2 %, +PV 82,9 %, –PV 66,7 %) та діагностики переломів кісток (чутливість 70,8 %, специфічність 68,6 %, +PV 73,9 %, –PV 58,3 %) у постраждалих в післяопераційному періоді, що дозволило рентгенологічний метод діагностики БУ та ускладнень віднести до дискримінантного методу. УЗД, УЗДГ, СЕГ – ефективні візуалізуючі методи порівняно із РГ для діагностики бойових ушкоджень м'яких тканин тіла та плеврального випоту у постраждалих при гострій травмі та в післяопераційному періоді ($p < 0,05$). УЗД, доповнена УЗДГ та СЕГ, є ефективним методом діагностики ушкоджень паренхіматозних органів (чутливість 88,5 %, специфічність 84,0 %, +PV методу 92,8 %, –PV методу 75,8 %); порожнистих органів (чутливість 76,7 %, специфічність 83,2 %, +PV методу 85,5 %, –PV методу 75,3 %); промежини, органів калитки (чутливість 89,0 %, специфічність 80,0 %, +PV методу 92,5 %, –PV методу 38,9 %); судин голови, шиї, кінцівок (чутливість 80,8 %, специфічність 73,9 %, +PV методу 88,6 %, –PV методу 42,9 %); вісцеральних судин (чутливість 81,2 %, специфічність 84,3 %, +PV методу 73,4 %, –PV методу 67,0 %) та периферичних нервів (чутливість 64,2 %, специфічність 62,3 %, +PV методу 64,6 %, –PV методу 54,6 %). Виявлена висока інформативність УЗД візуалізації перикардіального, черевного, заочеревинного, тазового випотів та вільної рідини в порожнинах (чутливість 89,1 %, специфічність 82,9 %, +PV 92,0 %, –PV 75,8 %), а також вища її діагностична ефективність, ніж РГ ($p < 0,05$). Не визначилося відмінності інформативності РГ та УЗД візуалізації вільного газу в черевній та плевральній порожнинах (пневмоторакс ($p = 0,520$), пневмоперитонеум ($p = 0,948$)). Візуалізація та контроль

із застосуванням променевих методів у постраждалих на РМЗ незалежно від медико-технічного оснащення для надання діагностичної допомоги забезпечила у короткий термін без ризику відтермінування хірургічної та анестезіологічної допомоги, або паралельно з ними ефективну діагностику бойових ушкоджень. Визнано застосування «безпечної, ефективної варіації променевої діагностики бойової травми» для медичної візуалізації на РМЗ – 3 (УЗД) : 1 (РГ) : 1 (0) МДКТ; для візуального контролю – 3 (4) (УЗД) : 2 (РГ, 1,6 мЗв) : 1 (МДКТ, 16 мЗв).

Відсутність відмінності відносної частоти летальних випадків в лікувально-діагностичних групах (9,7 % у порівняльній та 10,7 % в основній) свідчило про скорочення діагностичного періоду у постраждалих у важкому та вкрай тяжкому стані шляхом застосування МДКТ з контрастуванням за життєвими показаннями.

Завдяки використанню візуальних ознак бойових ушкоджень гострого експерименту, розроблених схем, алгоритмів діагностики, виявленню візуальних ознак бойових ушкоджень та ускладнень бойової травми, визначенню факторів ризику летальних випадків та зв'язку ускладнень із механізмами смерті при застосуванні променевих методів візуалізації у постраждалих кількість ускладнень знижено з 41,6 % (95 % ДІ 36,5–46,7) до 24,8 % (95 % ДІ 21,6–28,2) ($p < 0,01$). Показник відношення ризиків склав 0,6 (95 % ДІ 0,50–0,72), що відобразило зниження ризику летального випадку в основній групі, де створена система етапного лікування постраждалих із бойовою травмою.

Ключові слова: променева діагностика, медична візуалізація, візуальний контроль, ультразвукова діагностика, рентгенографія, мультidetекторна комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, рентгенівська ангіографія, бойова хірургічна травма, бойові ушкодження, візуально-балістичні ознаки, ризик летального випадку, «безпечна, ефективна варіація променевої діагностики бойової травми».

ABSTRACT

Grechanyk O. I. Radiation diagnostics of combat surgical trauma. – Qualification Scientific Work as a Manuscript.

Dissertation for the Doctor of Medical Sciences degree in the specialty 14.01.23 «Radiotherapy and Radiodiagnostics» (224 – Medical Diagnostic and Treatment Technologies). – National Military and Medical Clinical Center GVKG, Kyiv, 2024.

The dissertation is devoted to solving an urgent problem of military medicine - increasing the efficiency of radiation diagnostics of combat injuries using modern imaging methods to improve the effectiveness of treatment of victims. To achieve this goal, a series of experimental studies were conducted; a system of medical imaging of combat trauma (MICT) at different levels of medical care was developed; the diagnostic and prognostic effectiveness of modern radiation diagnostic methods in the initial assessment of combat trauma; dynamic monitoring of the clinical course, prediction of complications and risks of death was determined. The results of clinical and epidemiological and complex radiation examinations (radiography X-ray, multidetector computed tomography – MDCT; X-ray angiography – RAG), ultrasound US and magnetic resonance imaging – MRI) of 1014 victims of CT who underwent surgical treatment at the National Military Medical Clinical Center “GVKH” (NMCC «GVKH»), military and civilian medical institutions in the areas of the Antiterrorist Operation, the Joint Forces Operation, the Revolution of Dignity and the full-scale Russian-Ukrainian war in 2013–2023.

The study was divided into two treatment and diagnostic groups. The main (II) group consisted of 653 victims of CT (583 (89,3 %) survived, 70 (10,7 %) died); the comparative (I) group consisted of 361 victims (326 (90,3 %) survived, 35 (9,7 %) died). The average age of the surviving victims was 34 years, and the average age of the deceased was 36 years. In the examination of the main (II) group, all methods of MDCT were used, including: MDCT with contrast (II₂ subgroup) and without contrast (II₁ subgroup). Patients in the comparative (I) group underwent MDCT without contrast.

In order to experimentally substantiate the feasibility of using certain methods of radiation imaging in combat injuries and to study the nature of gunshot wounds from small arms, various damaging factors (armor trauma, closed combat trauma and shrapnel wounds), a series of model ballistic experiments were performed on biological and non-biological objects.

In experimental conditions using a combined ballistic biological simulator (CBBS) in a series of shots from firearms (AK-74 and SVD) with bullets ball (BB) caliber 5,45x39 mm cartridges 7N10, and BB 7,62 mm (B-32) into open anatomical-functional zones (AFZ), the destructive property of BB with through and prevailing gunshot wounds (GSW) with blind wound channels (WC) corresponding to gunshot injuries was established. Additionally, the use of a level 4 class protection body armor simulated injuries without WC (explosive lung injury (ELI), closed abdominal trauma (CAT), cranial-brain injuries). Simulating cluster-explosive blasts using large-caliber BB 12,7 mm represented explosive injuries and explosive trauma in the AFZ of the CBBS. Gelatin blocks were used in a series of shots from the enemy's assault automatic weapons (AK-12) with modified BB caliber 5,45x39 mm cartridge 7N39 (tungsten carbide composition) to determine the WC characteristics at different shooting distances. At distances of 10 and 100 meters, WC were characterized by a multi-fragmentary track and fragmentation due to the BB's own fragments (core, density 3071 HU units, «jacket», density 3050–3070 HU units) and fragments of the armor plate (density 1400-1700 HU units). At distances of 250 and 300 meters, WC differed in a minimal number of fragments, the absence of BB shell fragments, and the presence of a large leading fragment of the core (density 3071 HU units). In the experimental conditions, visual-ballistic signs of combat injuries were determined in the CBBS using medical imaging methods (ultrasonography (US), X-ray, MDCT). Visual-ballistic signs included gas in the WC, subcutaneous emphysema (density -902 ± 28 HU units), orbital hematoma (density $+65,5 \pm 15$ HU units), hematosinus (density $+50,2 \pm 19$ HU units), bone fractures, pneumocephalus (density -953 ± 30 HU units), brain hematoma (density $+76,6 \pm 5,5$ HU units), subarachnoid hemorrhage (SAH, density $+55,5 \pm 8,0$ HU units), pneumomediastinum (density -973 ± 20 HU units),

hemopericardium (density $+70,3 \pm 4,2$ HU units), pneumothorax (density $-880 \pm 15,0$ HU units), hemothorax (density $+46,7 \pm 17,6$ HU units), lung contusion (density -110 ± 12 HU units), pneumoperitoneum (density $-943 \pm 33,3$ HU units), hemoperitoneum ($+54 \pm 12,4$ HU units), liver contusion (density $+25,2 \pm 8,2$ HU units), foreign bodies of gunshot origin (FBGO – BB core, density 3071 HU units; jacket fragments, density 3046–3067 HU units), foreign bodies of non-gunshot origin (FBNGO, bone fragments, density 1090 ± 20 HU units). Experimentally determined visual indicators became the standard for assessing the extent and nature of combat trauma.

During the firing impact on 20 % of gelatin blocks with the modernized Russian trophy AK-12 and battle ball 7N39, the volume formula was applied and the prognostic index j (%) of soft tissue and bone destruction was calculated ($j \leq 40$ % – favorable prognosis; $j > 40$ % – unfavorable prognosis). Histological examination of biopsies from GSW and sites of combat injuries areas of the AFZ of both in a model experiment series revealed extensive or localized hemorrhages, swelling, complete or partial cell destruction, organ congestion, plasmorrhagia, protein or mixed dystrophy, and in the area of contact with FBGO (fragment), necrosis of spinal cord cells.

Studying the impact of the type of injuries (non-gunshot/gunshot wounds), gender of the affected individuals, combat experience, the use of personal protective equipment (PPE, protective helmet, body armor, etc.), and sanitary losses on the risk of fatal outcomes in individuals with non-gunshot injuries, gunshot wounds, explosive injuries, and explosive trauma revealed the following: 1) the groups did not differ in terms of gender, combat experience, or prediction of negative treatment outcomes ($p=0,780$, $p=0,265$, and $p=0,667$, respectively); 2) a significant difference ($p<0,001$) was found between groups based on the type of injuries; the main, II group showed a shift in the distribution towards explosive injuries (26,0 %) and explosive trauma (36,9 %) compared to the I group – explosive injuries (16,1 %) and explosive trauma (22,4 %); 3) the use of personal protective equipment (PPE) was more common in the main, II group (84,7 %) compared to the I group (70,1 %) (statistically significant difference, $p<0,001$); 4) a correlation was found ($p=0,036$) between the risk of fatal

outcomes and the type of injuries in the I group – non-gunshot injuries (15,9 %), explosive injuries (13,8 %), explosive trauma (7,4 %), and gunshot wounds (5,2 %); in the main, II group, no correlation was found ($p=0,106$), and the risk was equally associated with gunshot injuries (gunshot wounds (8,8 %), explosive injuries (11,1 %), explosive trauma (11,6 %), and non-gunshot injuries (11,6 %). In the comparison groups (main, II – 82 (12,6 %) and I – 34 (9,4 %), no significant difference between eye injuries was found ($p=0,149$).

In the distribution of individuals with injuries by the use of medical imaging methods at the medical support level, the preference for ultrasound (US) ($58,4 \pm 1,6$ %) over X-ray ($18,6 \pm 1,2$ %), multidetector computed tomography (MDCT) ($14,7 \pm 1,1$ %), magnetic resonance imaging (MRI) ($6,5 \pm 0,8$ %), and X-ray angiography ($1,8 \pm 0,4$ %) was determined for the diagnosis of injuries. MICT and visual control at the medical support level allowed the determination of a coefficient, the conditional indicator Kp for predicting the need for urgent MV methods for injuries, namely: 3 US, 1 X-ray, and 2 MDCT (per individual) for the diagnosis of injuries. At the IV medical support level, MDCT became the leading radiological diagnostic method for injuries and its complications in ($73,0 \pm 3,7$ %) of affected individuals when providing diagnostic and surgical care ($p<0,001$). Under the area under the curve (AUC=0,62, 95 % PI 0,59–0,65) with a sensitivity of 56,2 % and specificity of 63,2 %, it was established that the number of surgical interventions > 5 increased the risk of fatal outcomes in individuals with injuries in the postoperative period. The severity of injuries in Group II victims was higher than in Group I victims ($p<0,001$), which is associated with the use of high-energy weapons and combat drones in addition to small arms. The severity of injuries and the condition of individuals with explosive injuries were higher than in individuals with non-gunshot injuries, gunshot wounds, and explosive trauma ($p<0,05$) for all comparison groups. In individuals in the main, II group, combined and multiple injuries statistically prevailed, while in the I group isolated and multiple injuries were significantly more frequent ($p<0,001$). The severity of injuries and the condition in individuals with a body mass index (BMI) $< 18,5$ kg/m², underweight, were higher ($p<0,05$) than in individuals with a normal BMI (18,5–

24,9 kg/m²), associated with the development of complications and traumatic exhaustion. In the medical-statistical assessment of the relationship between the level of creatinine in the blood plasma of the injured individuals and the severity of trauma/condition, it was found that the severity of the condition significantly increased ($p < 0,001$) with an increase in creatinine levels, and the difference between the distribution groups from mild to extremely severe conditions was statistically significant ($p < 0,05$). Also, the median value of the creatinine level in individuals in extremely severe conditions slightly exceeded the threshold value for men, justifying the diagnostic necessity and conditional safety of using contrast-enhanced MDCT to achieve the diagnostic goal based on life indications.

According to ballistic volumetry results, the calculated prognostic survival index j (%) in affected individuals, regardless of the type of injuries, determined severity scores for trauma and condition: 10 and 11 points (j 9,7 % for non-gunshot injuries; j 10,7 % for gunshot wounds; j 9,25 % for explosive injuries; j 9,35 % for explosive trauma, $p = 0,198$), which were considered in the medico-visual-ballistic scale (MVS) based on the Guryev, Kravtsov, and Ordatiy (GKO) scale for the objective assessment of the severity of injuries, the condition of the injured individual, and the clinical prognosis of survival in modern warfare. It has been proven that the MVS is more adapted to the ISS scale, which takes into account anatomical polysystemic and polystructural injuries. According to the operational characteristics curve with a sensitivity of the test 95,8 % (95 % PI 88,3–99,1 %), specificity of 57,7 % (95 % PI 54,3 %–61,1 %) at the stage of hospital care and treatment, the MVS increased the accuracy of predicting the risk of trauma severity and the condition of the injured individual. Severe and extremely severe conditions in affected individuals, as indicated by the median value, did not affect the average duration of treatment at the NMMCC «GVKG», and the average duration of hospitalization for surviving individuals (11 days) statistically prevailed over those who died (8 days) ($p = 0,016$). Individuals in the main group statistically prevailed upon admission to the Military Medical Clinical Center for surgical and neurosurgical patients over the I group ($p < 0,001$), associated with a severe condition and severity of injuries due to explosive injuries and trauma.

In postoperative individuals, a connection was established between the mechanisms of death and complications: cerebral edema with cerebral complications (cerebral edema, acute cerebrovascular accident, meningitis, meningoencephalitis, etc.) ($p < 0,001$); renal failure with infectious complications (peritonitis, sepsis, gas gangrene, etc.), acute kidney injury (AKI), phantom limb pain, etc. ($p < 0,001$); respiratory, cardiovascular, cardiorespiratory, and multiorgan failure with infectious, non-infectious complications, pneumonia, cerebral, hemostatic complications, AKI, post-reanimation syndrome (PRS), bedsores, cachexia ($p < 0,001$), as well as acubatic trauma in the mechanism of cardiorespiratory failure ($p < 0,001$). For predicting the risk of complications and their association with lethal outcomes in surgical interventions, anesthesia, in preoperative preparation using MDCT, ballistic volumetry (wound channels and areas of injuries to anatomical-functional zones) was studied. It was found that blind WC (59,3 %), multiple WC (51,7 %) were significantly more common than through WC and injuries without WC in injuries from explosive, fragment-grenade, engineering ammunition, projectile-like elements (flashes), guided aviation missiles, and bombs), ($p < 0,001$). Also, in 48,4 % of cases, gas was observed in wound channel, FBGO (battle ball, core (density 3071 HU), fragments, shells, «shirt» of battle ball (density 3046–3067 HU, or other metal, metal-plastic fragments, of varying density), and FBNGO (bone fragments, median density value 1023 HU), (medical purposes, gauze tampons, textile material, median density value 102,3 HU, without signs of contrast accumulation). Using the experimental formula of ballistic volumetry with the calculation of the volume of wound channels, areas of injuries to anatomical-functional zones, the prognostic index j (%), statistical assessment of the relative risk of a lethal outcome (RR), the indicator of the etiological fraction of the relative risk (EF) was determined, and it was established that the j (%) index influenced the treatment outcome $p\alpha(F_{exc}) < 0,00004$, with a strong association between these indicators $r_{ra} = 0,98$, and $RR = 16,8$ [8,0; 33,8], $EF = [81; 100]$ %. Therefore, if $j \leq 40$ %, with a probability of more than 80 %, a positive outcome of surgical treatment and anesthesia was predicted, and only in head injuries under the same conditions was the outcome fatal.

The protracted military conflict in eastern Ukraine, which escalated into a full-scale war, forced surgeons, traumatologists, and anesthesiologists to reconsider the role, place, and importance of visualizing radiation diagnostic methods in the algorithm for providing care to victims of combat trauma. Therefore, the current scheme of medical evacuation support includes an organizational and diagnostic scheme of medical imaging of combat trauma at the breast cancer, with the definition of mobile forces and means for providing medical care during evacuation (radiological, ultrasound methods, in some cases MDCT without contrast) and stationary forces and means (ultrasound, X-ray, MDCT with and without contrast, MRI, RAG, other radiological methods) depending on the severity of the CT, the condition of the victim, according to the clinical diagnosis for strictly defined indications. According to the results of multivariate analysis, it was found that the severity of the injury and the condition of the victims of group II was higher than in group I ($p < 0,001$). In the valid distribution of the dominant localization, the first place was occupied by combat injuries of the chest and abdomen in 34,1 % of cases, the second by head and eye injuries in 31,3 % of cases, the third by limbs and pelvis in 27,9 % of cases, neck injuries accounted for 3,1 % of cases, spine – 3,6 % of cases, which prompted the combination of adjacent AFI in MDCT: scanning of the head, chest, abdomen, pelvis in the *Full Body Scan* program. The clinical significance of other localization of injuries was determined by CT of the extremities in 54,0 % of cases, the spine in 24,6 % of cases, and the neck in 17,7 % of cases. The severity of BT in victims with a dominant combat injury to the head was heavier than in other locations ($p < 0,001$). The clinical condition of victims with dominant chest and abdominal CT was more severe than that of the extremities ($p < 0,05$). The risk of death in the dominant head EI was higher than in the dominant limb EI ($p = 0,045$). When comparing the proportions of detection of EB markers (fluid and gas) in ultrasound, a statistical advantage of visualization of fluid over gas in body cavities in patients with all breast cancers was found ($p < 0,001$). For primary visualization of injuries and control, ultrasound and RG were effectively used from hospital care to hospital treatment and vice versa.

Echo, elastographic, sono, and steatometric indicators of internal organs showed no differences in the examined groups and significant deviations from average statistical values. The clinical significance of cavities in cases of application of shear wave elastography was established: 0–10 kPa – transudate; 12–20 kPa – exudate; 22–28 kPa – blood; >30 kPa a mixture of pus, bile, fibrin, etc. pathological fluids. In limb injuries, compartment syndrome, and tourniquet syndrome, the echogenicity of soft tissues increased (160–210 kPa), collateral blood flow or thromboses, pseudoaneurysms, arteriovenous fistulas, complete or partial interruption of peripheral nerves, changes in their echostucture, or lack of visualization were determined. In injuries to vessels of the head and neck, 42,9 % of individuals had complex intima-media thickness of 1,1–1,5 mm, and in 93,1 % of individuals, stenoses of carotid arteries up to 30 % were observed due to heterogeneous plaques. In individuals with acubaric trauma in combination with altered blood flow parameters of carotid arteries, a significant decrease in velocity indicators through vertebral arteries (VA) was determined, with a median value for the right VA at 23,6 cm/s and for the left VA at 27,5 cm/s ($p < 0,001$). It was determined that the median value of the aortocaval index (0,854) in operated individuals in severe and extremely severe conditions did not have clinical significance. Non-contrast radiographic method, with artificial contrast, provided medical visualization and medical control of the musculoskeletal system, chest, and complications of postoperative conditions of abdominal organs, pelvis, chest, bone tissue defects, and reconstructive-restorative interventions on extremities. The median value of the total number of radiographic studies during the study period was 2 investigations, and the total radiation dose in the examined population was 1,6 mSv.

At the NMMCC «GVKG» MDCT was used in the *Full Body Scan* program for scanning individuals at various contrast phases: angiography of the neck and limb vessels in the arterial phase of scanning, angiography of the organs of the chest and abdominal cavities, pelvis in arterial and venous phases of the study, venous phase for the organs of the chest, abdominal cavities, pelvis, excretory phase for the organs of the retroperitoneal space and small pelvis, and all organs and systems without contrast,

and directly native MDCT of the brain. In the total examined population, non-contrast MDCT was performed in 66,2 %, with contrast in 32,8 % of individuals with TBIs, and in 1 % of cases, the study was not conducted. During the study period, the total number of conducted MDCTs had a median value of 1 investigation, and the total radiation dose was 16 mSv.

We evaluated the results of both radiation and non-radiation methods of medical visualization for traumatic brain injuries in comparison with the results of multidetector computed tomography (MDCT), which was recognized as the «gold standard» for diagnosing injuries to the body of the injured person. X-ray was used to identify injuries to visceral and peripheral vessels. The comparison of X-ray and ultrasound (US) imaging (compared by AUC) of soft tissue projectile (bullets, fragments, projectile parts), Soft tissue projectile not visualized by X-ray, bone fragments, medical material, textile material, in various locations, including orbits, paranasal sinuses, neck, extremities ($p=0,158$), spine injuries, and pelvic bone injuries showed statistically significantly higher informativeness of X-ray compared to US ($p=0,020$). No differences in informativeness were found between X-ray and US visualizations of fractures of long tubular bones, thoracic rib cage ($p=0,091$). There was a high positive prognostic significance of the radiographic method for diagnosing lung injuries (84,6 %), pleura (81,4 %), diaphragm (82,3 %), and complications such as pneumonia (85,4 %), intestinal obstruction (92,3 %); specificity: for lungs – 85,0 %, pleura – 64,2 %, diaphragm – 84,2 %, pneumonia – 83,5 %, intestinal obstruction – 94,3 %.

There was a high positive prognostic significance of the radiographic method for diagnosing lung injuries (84,6 %), pleura (81,4 %), diaphragm (82,3 %), and complications such as pneumonia (85,4 %), intestinal obstruction (92,3 %); specificity: for lungs – 85,0 %, pleura – 64,2 %, diaphragm – 84,2 %, pneumonia – 83,5 %, intestinal obstruction – 94,3 %. High specificity of X-ray (96,2 %) for visualizing markers of injury – fluids (free and contrast in body cavities during fistulography, sensitivity 53,0 %, +PV 93,5 %, –PV 46,4 %) and pleural effusion (sensitivity 66,1 %, specificity 83,2 %, +PV 82,9 %, –PV 66,7 %), diagnosis of bone fractures (sensitivity 70,8 %, specificity 68,6 %, +PV 73,9 %, –PV 58,3 %) in individuals in the

postoperative period, allowing the radiographic method for diagnosing injuries and complications to be classified as a discriminatory method. US, Doppler ultrasound, shear wave elastography (SWE) is a highly informative method for diagnosing injuries to soft tissues of the body, pleural effusion in individuals during acute trauma and in the postoperative period ($p < 0,05$). US, supplemented by USG and SWE, is a highly informative non-radiation method for diagnosing injuries to parenchymal organs (sensitivity 88,5 %, specificity 84,0 %, +PV method 92,8 %, -PV method 75,8 %); hollow organs (sensitivity 76,7 %, specificity 83,2 %, +PV method 85,5 %, -PV method 75,3 %); interstice, celiac organs (sensitivity 89,0 %, specificity 80,0 %, +PV method 92,5 %, -PV method 38,9 %); vessels of the head, neck, extremities (sensitivity 80,8 %, specificity 73,9 %, +PV method 88,6 %, -PV method 42,9 %); abdominal aorta and its branches (sensitivity 81,2 %, specificity 84,3 %, +PV method 73,4 %, -PV method 67,0 %) and peripheral nerves (sensitivity 64,2 %, specificity 62,3 %, +PV method 64,6 %, -PV method 54,6 %). High informativeness of US visualization of pericardial, abdominal, retroperitoneal, pelvic effusions (sensitivity 89,1 %, specificity 82,9 %, +PV 92,0 %, -PV 75,8 %) was revealed. No differences in informativeness were determined between X-ray and US visualization of free gas in the pleural and peritoneal cavities (pneumothorax ($p = 0,520$), pneumoperitoneum ($p = 0,948$)). Medical imaging and medical control using both radiation methods in individuals at the point of injury, regardless of medical-technical equipment, provided diagnostic assistance quickly without the risk of delaying surgical and anesthesiological care, or parallel effective diagnostics of injuries. Therefore, the "golden variation of radiological diagnostics of combat trauma" is recognized as medical imaging – 3 (US): 1 (X-ray): 1 (0) MDCT; for visual control – 3 (4) (US): 2 (X-ray, 1,6 mSv): 1 (MDCT, 16 mSv).

The absence of a difference in overall mortality in the comparison groups (9,7 % in the comparison group I and 10,7 % in the main group II) indicated a reduction in the diagnostic period in victims in severe and extremely severe condition by using MDCT with contrast for vital signs. Due to the use of visual signs of combat injuries of the acute experiment, the developed schemes, algorithms for diagnosis, detection of visual

signs of combat injuries and complications of combat trauma, determination of risk factors for death and the relationship of complications with mechanisms of death when using radiation imaging methods in victims, the number of complications was reduced from 41,6 % (95 % PI 36,5 – 46,7) to 24,8 % (95 % PI 21,6 – 28,2) ($p < 0,01$). The hazard ratio was 0,6 (95 % PI 0,50–0,72), which reflected a decrease in the risk of death in the main group, where a system of staged treatment of combat trauma victims was created.

Keywords: radiation diagnostics, medical imaging, visual control, ultrasound diagnostics, radiography, multidetector computed tomography, magnetic resonance imaging, X-ray angiography, combat surgical trauma, combat injuries, visual ballistic features, risk of death, safe, «effective variation of radiation diagnostics of combat trauma».

**СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ,
ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Статті, опубліковані у виданнях,

проіндексованих в наукометричній базі Scopus

1. Яковенко В. В., **Гречаник Е. И.**, Абдуллаев Р. Я., Быченков В. В., Гуменюк К. В., Собко И. В. Моделирование влияния осколков осколочных боеприпасов на биологические ткани военнослужащего в защитных элементах боевой экипировки. Азербайджан. мед. журн. 2020. № 4. С. 107–115. doi: 10.34921/amj. 2020. 4. 015. *(Внесок здобувача: здійснено модельний балістичний біологічний експеримент та обґрунтовано застосування променевого методів в діагностиці бойової травми різної локалізації, підготовлено статтю.)*
2. Абдуллаев Р. Я., **Гречаник Е. И.**, Слесаренко Д. А., Куликова Ф. И., Абрамов С. В., Кириченко А. Г., Хомяков В. Н. Ультразвуковая диагностика повреждений сосудов шеи при боевой травме. Азербайджан. мед. журн. 2021. № 2. С. 11–17. doi: 10.34921/amj.2021.2.002. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз променевої діагностики у постраждалих з домінуючим бойовим ушкодженням шиї, встановлено переваги мультиспіральної КТ, підготовлено статтю.)*
3. Цымбалюк В. И., Лурин И. А., Абдуллаев Р. Я., **Гречаник Е. И.**, Цымбалюк Я. В., Негодуйко В. В., Посохов Н. Ф., Гуменюк К. В., Король С. А. Ультразвуковая диагностика огнестрельных повреждений периферических нервов. Азербайджан. мед. журн. 2022. № 3. С. 62–71. doi: 10.34921/amj. 2022. 3. 010. *(Внесок здобувача: аналіз діагностичних методик при бойовій травмі верхніх та нижніх кінцівок з інформативною діагностикою ушкодження периферичних нервів, підготовлено статтю.)*
4. **Гречаник О. І.**, Абдуллаев Р. Р., Ніконов В. В., Вороньжев І. О., Абдуллаев Р. Я., Давидюк М. М. Променева діагностика пневмотораксу при бойовій травмі. Медицина невідкладних станів. 2024. Т. 20, № 3. С. 76–83. doi: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.20.3.2024.1693>. *(Внесок здобувача: ідея,*

порівняльний аналіз діагностичної ефективності рентгенографії та ультрасонографії пневмотораксу у постраждалих із бойовою травмою, обстеження поранених.)

5. Abdullaiev R. R., Grechanik E. I., Abdullaiev R. Ya., Khaustov M. M., Posoxov N. F., Dudnik T. A., Kirichenko A. G., Tomakh N. V. Comparative assessment of the results of radiography and ultrasonography in the diagnosis of combat chest injuries. *Azerbaijan Med. J.* 2024. № 2. С. 185–191. doi: 10.34921/amj.2024.2.030. *(Внесок здобувача: аналіз діагностичних методик при бойовій травмі верхніх та нижніх кінцівок з інформативною діагностикою ушкодження периферичних нервів, підготовлено статтю.)*

Статті в наукових виданнях інших держав

6. **Grechanik E.**, Romanuik Yu., Bubnov R. A retrospective study of gunshot injuries to the extremities by use of ultrasound diagnostics (National Military Medical Clinical Center of Ukraine). *Am. Scient. J.* 2016. Vol. 2, № 2. P. 13–17. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз комплексної УЗД у постраждалих з вогнепальними пораненнями кінцівок та визначено УЗ-ознаки поранення судин, підготовлено статтю.)*

7. Abdulaev R., Romanuik Yu., **Grechanik E.**, Svitlichnii E., Krasilnikov R. A retrospective study of injuries of abdomen by use of ultrasound diagnostics of military personnel, who participated in anti-terrorist operation in the east of Ukraine. *Am. Scient. J.* 2017. Vol. 1, № 9. P. 36–40. *(Внесок здобувача: встановлено ефективність сортувальної комплексної УЗД у постраждалих із вогнепальними пораненнями живота, підготовлено статтю.)*

8. Abdullaev R., Bubnov R., Tsymbalyuk V., **Grechanyk O.**, Pilevcki Z. Ultrasonography of the Diagnosis the Degenerative-Distrophic Changes in the Vertebral Motor Segment as a Potential Cause of Back Pain: Pictorial Essay. *J. Spine.* 2017. Vol. 6, issue 5. P. 1–7. doi: 10.41/72/2165-7939.1000394. *(Внесок здобувача: проведено медико-статистичний аналіз УЗД у постраждалих із дегенеративно-*

дистрофічними захворюваннями хребта після повернення із зони ведення бойових дій, підготовлено статтю.)

9. Abdullaiev R. Ya, **Grechanyk E. I.**, Kulikova F. I., Cherednichenko N. A., Demin Yu. A., Golyanischev M. A. Ultrasonic Tissue Characterization of Damage of the Lower Extremities in Gunshot Wounds. EC Orthopaedics. 2018. Vol. 9, № 8. P. 610–618. *(Внесок здобувача: аналіз проблемних організаційних та діагностичних питань у постраждалих з вогнепальними пораненнями кінцівок, підготовлено статтю.)*

10. Abdullaiev R. Ya., **Grechanyk E. I.**, Kulikova F. I., Khvisiuk1 A. N., Cherednichenko N. A., Kogut1 A. V. Ultrasonography in the Diagnosis of Gunshot Injuries of the Neurovascular Bundle of the Extremities. EC Neurology. 2018. Vol. 10, № 11. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз діагностичних методик у постраждалих із вогнепальними пораненнями кінцівок, із клінічними проявами ушкоджень судинно-нервового пучка, підготовлено статтю.)*

11. Abdullaiev R. Y., **Grechanyk O. I.**, Lurin I. A., Gumeniuk K. V., Posokhov M. F., Slesarenko D. A. Duplex ultrasound evaluation of vascular injures in combat trauma of the neck. J. Dis. Dis. Tre. 2022. Vol.2, № 2. P. 1–5. doi. org/10.47363/JDDT/2022(2)108. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз комплексної УЗД у постраждалих з вогнепальними пораненнями судин шиї та встановлено ефективність дуплексного сканування, підготовлено статтю.)*

Статті, опубліковані в наукових фахових виданнях України

12. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Романюк Ю. А., Красільников Р. Г., Бубнов Р. В. Можливості комплексної ультразвукової діагностики вогнепальних поранень кінцівок. Міжнар. мед. журн. 2016. Т. 22, № 3 (87). С. 88–92. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз комплексної УЗД у постраждалих, підготовлено статтю.)*

13. **Гречаньк Е. И.**, Абдуллаев Р. Я., Бубнов Р. В. Ультразвуковая диагностика поврежденных периферических нервов при боевой травме. Міжнар. мед. журн. 2016. Т. 22, № 2 (86). С. 96–100. *(Внесок здобувача: ретроспективний*

аналіз комплексної УЗД та неінвазивних методик у постраждалих з ушкодженнями периферичних нервів, із вогнепальними переломами кінцівок, підготовлено статтю.)

14. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Світличний Е. В., Бубнов Р. В., Красільников Р. Г. Можливості ультразвукової діагностики бойової хірургічної травми. Вісник морської мед. 2016. № 2 (71). С. 121–122. *(Внесок здобувача: аналіз ефективності УЗД у постраждалих з бойовою хірургічною травмою, узагальнено та підготовлено статтю.)*

15. Дикан І. М., Хоменко І. П., **Гречаник О. І.**, Бубнов Р. В., Колесник С. В. Досвід променевої візуалізації ранового каналу. Проблеми військової охорони здоров'я : зб. наук. праць УВМА. Київ, 2017. Вип. 48. С. 120–132. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз променевих методів для медичної візуалізації ранових каналів у постраждалих із бойовою травмою, підготовлено статтю.)*

16. Гарматіна О. Ю., Мороз В. В., Красільников Р. Г., **Гречаник О. І.** Значення променевої діагностики в оцінці ефективності екстраінтракраніального мікроанастомозу при лікуванні стенотично-оклюзивної патології брахіоцефальних артерій. Міжнар. мед. журн. 2018. Т. 24, № 3 (95). С. 60–64. *(Внесок здобувача: встановлено переваги доплерівського кольорового картування брахіоцефальних артерій у постраждалих із бойовою травмою голови в алгоритмі променевої діагностики стено-оклюзивної патології, підготовлено статтю.)*

17. Бібик Т. А., **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я. Аналіз недоліків у наданні медичної допомоги військовослужбовцям у Національному військово-медичному клінічному центрі «Головний військовий клінічний госпіталь». Міжнар. мед. журн. 2020. Т. 26, № 2 (102). С. 77–80. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз надання медичної допомоги військовослужбовцям у НВМКЦ «ГВКГ», підготовлено статтю.)*

18. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Дикан І. М., Ярош Т. В., Кулікова Ф. Й., Слесаренко Д. О. Медичні та статистичні аспекти променевої діагностики

сучасної бойової травми в умовах гібридної війни на Сході України. Міжнар. мед. журн. 2021. Т. 27, № 2 (106). С. 79–88. <https://doi.org/10.37436/2308-5274-2021-2-14>. *(Внесок здобувача: медико-статистичний аналіз променевої діагностики у постраждалих із бойовою травмою, з визначенням потреби у невідкладних методах променевої діагностики, підготовлено статтю.)*

19. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Лурін І. А., Гуменюк К. В., Негодуйко В. В., Слесаренко Д. О. Сучасні аспекти діагностики вогнепальних поранень живота. Досвід гібридної війни на сході України. Клін. хірургія. 2021. № 88 (5–6). С. 42–52. DOI: 10.26779/2522-1396.2021.5-6.42. *(Внесок здобувача: ретроспективний аналіз променевої діагностики у постраждалих, встановлено переваги МДКТ з контрастуванням в діагностиці бойових ушкоджень та сторонніх тіл, підготовлено статтю.)*

20. **Гречаник О. І.**, Герасименко О. С., Абдуллаєв Р. Я., Лурін І. А., Гуменюк К. В., Негодуйко В. В., Слесаренко Д. О., Алексеєва Н. Б., Сюдмак М. С. Клініко-діагностичні аспекти вогнепальних поранень порожнистих органів живота (досвід АТО/ООС). Харків. хірургічна школа. 2021. № 5–6 (110–111). С. 71–81. doi: <https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2022.13>. *(Внесок здобувача: аналіз проблемних питань застосування ендовідеохірургічних технологій в лікуванні бойової травми живота та визначено вирішальну роль рентгеноконтрастних методик у діагностиці поранень порожнистих органів, підготовлено статтю.)*

21. **Гречаник О. І.** Медична візуалізація порожнинних випотів у постраждалих з бойовою травмою грудної клітки, живота, таза. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць. Київ, 2023. Вип. 30, ч. 1. С. 49–64. doi: 10.3275/2310-4910-2023-30-1-04.

22. **Гречаник О. І.**, Гур'янов Р. Г., Абдуллаєв Р. Я., Слесаренко Д. О., Голуб В. А. Багатоаспектний аналіз у постраждалих із бойовою травмою у сучасній війні. Повідомлення 1. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць. Київ, 2023. Вип. 30, ч. 2. С. 51–64. doi: 10.327/2310-4910-2023-30-2-05. *(Внесок здобувача: визначена мета, проаналізовано результати*

багатофакторного аналізу у постраждалих із бойовими травмами різної локалізації у післяопераційному періоді, написана стаття.)

Монографії

23. *Моделювання вогнепальних поранень : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Харків : Вид-во, 2022. – 322 с. (Внесок здобувача: розд. 1. Експериментальне вивчення механогенезу вогнепальних поранень та вибухової травми. С. 15–80.)*

24. *Лікування поранених з бойовими ушкодженнями живота (за досвідом АТО/ООС) : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Херсон : Олді+, 2022. – 194 с. (Внесок здобувача: гл. 3. Особливості клінічних проявів та діагностики бойових ушкоджень живота в умовах АТО/ООС. С. 32–60.)*

25. *Лікування поранених з бойовими ушкодженнями грудей : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Тернопіль : ТНМУ «Укрмедкнига», 2023. – 235 с. (Внесок здобувача: гл. 6. Особливості клінічних проявів та діагностики бойових ушкоджень грудей. С. 94–116.)*

26. *Атлас бойової хірургічної травми (досвід антитерористичної операції/операції об'єднаних сил) / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Харків : Колегіум, 2021. – 385 с. (Внесок здобувача: розд. 11. Деякі аспекти променевої діагностики бойової хірургічної травми. С. 359–384.)*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

27. **Гречаник О. І., Касьян О. В., Цибенко Л. Д.** Роль ультразвукової ангіографії портальної системи у інфекційних хворих. *Досягнення медичної науки як чинник стабільності розвитку медичної практики* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 19–20 квіт. 2013 р.). Дніпропетровськ, 2013. С. 43–45.

28. **Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я.** Можливості комплексної ультразвукової діагностики у обстеженні поранених. *Сучасні тенденції*

у медичних та фармацевтичних науках : зб. тез наук. робіт учасників міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 5–6 груд. 2014 р.). Київ, 2014. С. 26–28.

29. **Гречаник О. І.,** Красільников Р. Г., Кот З. М. Деякі питання променевої діагностики бойової травми на прикладі медичного забезпечення АТО. *Сучасні тенденції розвитку медичної науки та медичної практики* : зб. тез наук. робіт учасників міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 25–26 груд. 2015 р.). Львів : ГО «Львівська медична спільнота», 2015. С. 27–29.

30. **Гречаник О. І.,** Світличний Е. В., Абдуллаєв Р. Я. Ультразвукова діагностика пошкодження грудей. *Сучасні погляди на актуальні питання теоретичної, експериментальної та практичної медицини* : зб. тез наук. робіт учасників міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 18–19 груд. 2015 р.). Одеса : ГО «Південна фундація медицини», 2015. С. 36–40.

31. **Grechanyk O. I.,** Abdullaiev R. Ya., Bubnov R. V. Ukrainian experience in hybrid war – the challenge to update algorithms for personalized care and early prevention of different military injuries. *EPMA-World Congress 2015* : abstr. (Bonn, Germany, 3–5 Sept. 2015). *EPMA Journal*. 2016. V. 7 (1). P. 14–16. <https://doi.org/10.1186/s13167-016-0054-6#Sec88>.

32. **Гречаник О. І.,** Абдуллаєв Р. Я., Світличний Е. В., Бубнов Р. В. Ультразвукова діагностика бойової хірургічної травми. *V Конгрес Української асоціації фахівців ультразвукової діагностики* : тези доп. (м. Київ, 18–20 трав. 2016 р.). Київ : ВБО «Український Допплерівський Клуб», 2016. С. 74–75.

33. **Hrechanyk O. I.,** Abdullaiev R. Ya., Bubnov R. V., Krasilnikov R. H. Ultrasound and X-ray for diagnostic support of abdominal and thoracic combat injury – retrospective analysis in hospitals of the military and evacuating zones. *Innovative technology in medicine: experience of Poland and Ukraine* : International research and practice conference (Poland, Lublin, 28–29 April, 2017). Lublin, 2017. P. 28–31.

34. **Гречаник О. І.,** Абдуллаєв Р. Я., Хоменко І. П., Ермілова О. В., Вереш Д. Б. Ультразвукова та рентгенологічна діагностика бойової торакальної і торакоабдомінальної травми. *Актуальні питання ультразвукової діагностики* : тези наук.-практ. конф. з міжнар. участю Української асоціації фахівців

ультразвукової діагностики (УАФУД) та школа-семінар (с. Сергіївка Одеської обл., 8 черв. 2017 р.). Радіол. вісник. 2017. № 3–4 (64–65). С. 49–50.

35. **Hrechanyk O.**, Abdullaiev R., Bubnov R., Danchin G. Neuroimaging algorithm for combat head injuries – Recent Ukrainian experience. *XXIII World Congress of Neurology* : abstr. Kyoto, Japan, Sept. 16–21, 2017. J. Neurolog. Sciences. 2017. Vol. 381. P. 251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2017.08.717>

36. **Hrechanyk O.**, Abdullaiev R., Bubnov R. Ultrasound for early diagnosis of combat injuries of peripheral nerves. *XXIII World Congress of Neurology* : abstr. Kyoto, Japan, Sept. 16–21, 2017. J. Neurolog. Sciences. 2017. Vol. 381.

37. Куликова Ф. И., **Гречанык Е. И.**, Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Лучевая диагностика боевой хирургической травмы (Лекция I. Обзорная тактика применения лучевых методов диагностики боевой хирургической травмы). *Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии* : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. 27–28.

38. Куликова Ф. И., **Гречанык Е. И.**, Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Особенности проведения неотложного рентгенологического исследования при боевой травме (лекция 2). *Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии* : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. 29–30.

39. Bubnov R., **Grechanyk O.**, Abdullaiev R., Dykan I. Shear Wave Elastography Detects Increased Liver Stiffness in Viral Hepatitis in Young Male Soldiers. *40th Anniversary & 51st Annual Congress of Korean Society of Ultrasound in Medicine* : abstr. book (Seul, South Korea, Nov 16–17, 2020). Seul, 2020. P. 234–235.

40. **Гречаник О. І.** Удосконалення організації надання медичної допомоги за даними аналізу дефектів догоспітального періоду. *Наукова конференція молодих вчених УВМА* (м. Київ, 25–27 трав. 2020 р.). С. 45–47.

41. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Дикан І. М., Ніцак Н. В., Слесаренко Д. О., Гречаник М. І. Медична візуалізація сторонніх тіл у постраждалих з бойовими ушкодженнями живота. *Досягнення воєнно-польової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій* : матеріали XVI з'їзду військових

хірургів та анестезіологів України (м. Київ, 21–22 жовт. 2022 р.). Укр. журн. військової мед. 2022. Т. 3, додаток 2. С. 25–27.

42. **Гречаник О. І.**, Панченко В. І., Стеценко Є. В., Ревуцький А. А., Колодюк О. О. Експериментальне обґрунтування рентгенконтрастних досліджень в діагностиці бойових ушкоджень живота. *Досягнення воєннопольової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій* : матеріали XVI з'їзду військових хірургів та анестезіологів України (м. Київ, 21–22 жовт. 2022 р.). Укр. журн. військової мед. 2022. Т. 3, додаток 2. С. 28–29.

43. **Гречаник О. І.**, Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Цвігун Г. В., Ярош Т. В. Медична візуалізація ранового каналу різної локалізації у постраждалих із бойовою травмою. *Радіологія в Україні 2023* : тези 9-го Націон. конгресу з міжнар. участю. Асоціація радіологів України (м. Київ, 19–21 жовт. 2023 р.). С. 2–3.

44. Bubnov R., **Hrechanyk O.** Urethral Scar Tissue and Compromised Integrity: A Case Report of Urinary Consequences Following Gunshot Wound to the Pelvic Area. *15th European Multidisciplinary Congress on Urological Cancers (EMUC23)* : abstr. Marseille, France, November 2–5, 2023.

45. **Grechanyk O.**, Bubnov R., Gurianov R., Abdullaev R. Multifaceted analysis in combat trauma patients in modern warfare. *11th Annual Military Surgical Symposium* : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSSP576.

46. **Grechanyk O.**, Abdullaev R., Dykan I., Bubnov R., Yarosh T., Holub V. Medical visualization of wound channels of different localizations in patients with combat trauma. *11th Annual Military Surgical Symposium* : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSS14.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

47. **Гречаник О. І.**, Колосова І. В., Касьян О. В., Кот З. М., Гетьманська В. Г., Валерко О. Г., Красільников Р. Г. Актуальні питання ультразвукової діагностики при мінно-вибухових пораненнях. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць Головного військово-медичного клінічного центру

«ГВКГ» МО України. Київ, 2015. Вип. 22, ч. 1. С. 299–308. (*Внесок здобувача: аналіз проблемних організаційних питань в роботі відділення УЗД НВМКЦ «ГВКГ» під час надання діагностичної допомоги постраждалим із мінно-вибуховими пораненнями, визначені шляхи та методика удосконалення роботи, підготовлено статтю.*)

48. Світличний Е. В., **Гречаник О. І.** Ультразвукова діагностика травми та її ускладнень : навч. посіб. Київ : СПБ Чалчинська Н. В., 2016. 216 с. (*Внесок здобувача: III розд. Ультразвукова діагностика пошкоджень органів таза. С. 85–92; IV розд. Ультразвукова діагностика пошкоджень магістральних судин. С. 93–117; VII розд. Діагностика сторонніх тіл при пораненнях та ятрогенних ушкодженнях С. 201–207; виконана комп'ютерна обробка сонограм, підготовлений посібник.*)

49. **Гречаньк Е. И.** Повреждения периферических нервов при огнестрельных ранениях. Ультрасонография периферических нервов и спинного мозга : учебник / Р. Я. Абдуллаев, В. И. Цымбалюк, В. Г. Марченко, Р. В. Бубнов. Харьков : Факт, 2016. Гл. 8. С. 114–124.

50. Abdullaev R. Ya., Bubnov R. V., Tsymbalyuk V. I., **Grechanyk O. I.**, Kalika L., Pilecki Z. Ultrasound of the spine, peripheral nerves and for pain management. Kharkiv : Fact, 2017. 172 p. (*Внесок здобувача: chapter 2. Ultrasonography in the diagnosis of causes of vertebral pain. P. 30–47; chapter 8. Damage to peripheral nerves in gunshot wounds. P. 124–134.*)

51. Хоменко І. П., Світличний Е. В., **Гречаник О. І.**, Мельник О. М., Тарасюк Б. А., Мурадян К. Р. Екстрені ультразвукові обстеження при травмі. FAST-протокол : навч. посіб. Київ : «Видавництво Людмила», 2018. 66 с. (*Внесок здобувача: розд. 2. Артефакти. С. 13–17; розд. 5. Екстрене ультразвукове обстеження в об'ємі FAST-протоколу при травмі С. 35–63; підготовлено сонограми та посібник.*)

52. Хоменко І. П., **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Казмірчук А. П., Цвігун Г. В., Кулікова Ф. Й., Красільников Р. Г, Савка І. С., Алексеєва Н. Б. Рентгенологічна діагностика бойової хірургічної травми : метод. реком. Київ :

МП Леся, 2018. 40 с. (*Внесок здобувача: розроблені схеми-алгоритми рентгенологічної діагностики у постраждалих з домінуючою локалізацією бойової травми, підготовлено до друку.*)

53. **Гречаник О. І.**, Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Гречаник М. І., Біла О. О., Слесаренко Д. О. Атлас променевої діагностики бойової травми живота : атлас. Харків : Факт, 2023. 212 с. (*Внесок здобувача: ідея, концепція, дизайн, обробка фотосканів, підготовка.*)

54. Tsybalyuk V. I., Abdullaev R. Ya., Lurin I. N., Dikan I. N., Bubnov R. V., **Grechanyk O. I.** Ultrasound of the spine, peripheral nerves and for pain management. Kharkiv : Fact, 2024. 194 p. (*Внесок здобувача: chapter 2. Ultrasonography in the diagnosis of causes of vertebral pain. P. 30–47; chapter 8. Damage to peripheral nerves in gunshot wounds. P. 124–134.*)

55. Настанови з військово-польової хірургії / за заг. ред. К. В. Гуменюка, С. О. Короля, Р. В. Гибало. Київ : «Видавництво Людмила», 2024. 572 с. (*Внесок здобувача: розд. 25. Організація і зміст ультразвукової діагностики бойової хірургічної травми. С. 488–504; розд. 26. Організація і зміст рентгенологічної діагностики бойової хірургічної травми. С. 505–520.*)

56. Спосіб диференційної діагностики захворювань передміхурової залози : пат. 119552, Україна : А61В 8/08. № u201704018; заявл. 24.04.2017; опубл. 25.09.2017. Бюл. № 18.

57. Спосіб ультразвукової діагностики при поєднаній абдомінальній травмі : пат. 117503, Україна : А61В 8/00. № u201700898; заявл. 01.02.2017; опубл. 26.06.2017. Бюл. № 12.

58. Спосіб оцінки тяжкості пошкодження та стану постраждалого з вогнепальним та вибуховим пораненням в умовах бойових дій для прогнозу виживання : пат. 143329, Україна : А61В 6/00. № u202000303; заявл. 20.01.2020; опубл. 27.07.2020. Бюл. № 14.

59. Спосіб променевої діагностики вогнепальних ран в експерименті : пат. 141888, Україна : G09В 23/28, А61В 8/00, А61В 8/13. № u201911451; заявл. 26.11.2019; опубл. 27.04.2020. Бюл. № 8.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	40
ВСТУП.....	44
РОЗДІЛ 1	
МЕДИЧНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ БОЙОВОЇ ТРАВМИ. ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА АКТУАЛЬНІСТЬ (огляд літератури).....	59
1.1. Історичні аспекти розвитку медичної візуалізації від перших відомостей про застосування рентгену для діагностики ушкоджень в умовах ведення війни до сьогодні.....	59
1.2. Еволюція та історія застосування ультразвукографії, променевих методів для діагностики БТ, патологічних станів у поранених і травмованих.....	68
1.3. Трансформація зброї сучасних воєн, досвід застосування медичної візуалізації, із пошуком ефективного та інформативного методу діагностики бойових ушкоджень.....	78
1.4. Експериментальне вивчення вогнепальних поранень, вибухової травми. Формування проблеми та її актуальність (історичні факти від перших ознак до сьогодення.....)	91
РОЗДІЛ 2	
ПРОГРАМНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ....	98
2.1. Загальні положення.....	98
2.2. Загальна характеристика клінічних груп спостереження.....	99
2.3. Характеристика клінічних баз та медико-технічного оснащення РМЗ.....	100
2.4. Обґрунтування вибору матеріалів і методів для багатофакторного аналізу та модельного балістичного експерименту на об'єктах.....	104
2.5. Матеріали, методи, умови проведення експериментального балістичного дослідження на біологічних та небіологічних об'єктах	105

2.6. Методи гістологічного дослідження зразків комбінованого балістичного біологічного імітатора.....	109
2.7. Визначення необхідного та достатнього обсягу дослідження....	111
2.8. Методологія аналізу емпіричного та фактичного матеріалу дослідження.....	112
2.9. Прикінцеві положення до розділу 2.....	114
РОЗДІЛ 3	
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МВБТ У СУЧАСНІЙ ВІЙНІ.....	117
3.1. Методика та особливості проведення експериментального дослідження ушкоджуючої дії стрілецької зброї, вибухової хвилі, осколкового ураження на органи експериментальної тварини.....	117
3.2. Методи та методики медичної візуалізації вогнепальних поранень в умовах МБЕ.....	119
3.3. Балістична характеристика зразків вогнепального ураження під дією різних видів стрілецької зброї та заброневої перешкоди в умовах експерименту.....	121
3.4. Медична візуалізація, контроль експериментальних балістичних зразків.....	124
3.5. Візуально-балістичне оцінювання вогнепальних поранень експериментальних зразків.....	126
3.6. Патоморфологічна характеристика вогнепальних ран та ушкоджених органів внаслідок вогнепального ураження різними видами стрілецької зброї та заброневої перешкоди.....	136
3.7. Експериментальне обґрунтування клініко-морфологічної та візуально-балістичної оцінки БТ для прогнозу виживання у сучасній війні.....	139
3.8. Прикінцеві положення до розділу 3.....	149

РОЗДІЛ 4

БАГАТОФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ПОСТРАЖДАЛИХ ІЗ БТ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФАКТОРІВ РИЗИКУ ЛЕТАЛЬНОГО ВИПАДКУ	155
4.1. Клініко-епідеміологічна, загально-балістична, візуально- балістична та балістико-волюмометрична характеристики груп спостереження для виявлення ризику летального випадку.....	155
4.2. Організаційна, лікувальна, діагностична характеристика груп спостереження.....	167
4.3. Формування бази даних масиву обстежених.....	170
4.4. Характеристика груп спостереження за ознакою відношення до методів медичної візуалізації для дотримання тактики візуального контролю.....	172
4.5. Клініко-нозологічна, організаційно-діагностична, медико- статистична характеристика та медико-візуальна шкала. Загальні положення.....	182
4.6. Статистичні паралелі клініко-нозологічної та клініко-балістичної характеристики постраждалих із БТ.....	186
4.7. Медико-візуально-балістична шкала (МВШ) у постраждалих із БТ для об'єктивізації тяжкості травми та стану постраждалого.....	191
4.8. Вивчення фактора впливу ускладнень у постраждалих із БТ в післяопераційному періоді на механізми смерті.....	199
4.9. Прикінцеві положення до розділу 4.....	226

РОЗДІЛ 5

БАЛІСТИЧНА ВОЛЮМОМЕТРІЯ В СИСТЕМІ МВБТ У СУЧАСНІЙ ВІЙНІ.....	230
5.1. Візуально-балістична характеристика ранових каналів, ділянок бойових ушкоджень АФЗ у зіставленні з клінічними даними.....	230
5.2. Балістична волюмометрія у постраждалих при застосуванні противником стрілецької, іншої піхотної штурмової автоматичної зброї та із невогнепальною травмою.....	236

5.3. Балістична волюмометрія та візуально-балістична характеристика РК у разі застосування важкого авіаційного озброєння, комбінованої вогнепальної зброї, поєднання різних видів зброї.....	249
5.4. Прикінцеві положення до розділу 5.....	261
РОЗДІЛ 6	
ОРГАНІЗАЦІЯ, ЗМІСТ, РОЛЬ МЕДИЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НА ВІЙНІ.	264
6.1. Загальні положення з організації та значення медичної візуалізації бойової травми у сучасній війні.....	264
6.2. Загальні положення з організації та змісту рентгенологічної діагностики на війні.....	267
6.3. Рентгенологічна діагностика БУ черепа і головного мозку.....	269
6.4. Рентгенологічна діагностика БУ хребта і спинного мозку.....	271
6.5. Рентгенологічна діагностика БУ грудної клітки.....	273
6.6. Рентгенологічна діагностика БУ живота, таза.....	276
6.7. Рентгенологічна діагностика БУ опорно-рухової системи.....	282
6.8. Загальні положення з організації та змісту ультразвукової діагностики на війні.....	288
6.9. Візуальні, клінічні, біофізичні, балістичні паралелі ультрасонографії.....	291
6.10. Значення скороченого FAST-протоколу, розширеного невідкладного ультразвукового обстеження (модифікований FAST-протокол, EFAST-протокол) для надання госпітальної допомоги та госпітального лікування.....	303
6.11. Прикінцеві положення до розділу 6.....	318
РОЗДІЛ 7	
ДІАГНОСТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ІНФОРМАТИВНІСТЬ МЕДИЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У СУЧАСНІЙ ВІЙНІ.....	324
7.1. Процедури описової статистики бойових ушкоджень за локалізацією, анатомічною структурою та їх візуально-балістична оцінка для вибору ефективного та безпечного методу візуалізації.....	324

7.2. Порівняльні результати застосування ультразвукової, рентгенологічної діагностики, МДКТ, МРТ, РАГ у післяопераційних постраждалих для клінічної оцінки тяжкості травми, важкості стану та виявлення факторів ризику летальних випадків.....	330
7.3. Порівняльна діагностична ефективність променевих методів МВБТ.....	378
7.4. Прикінцеві положення до розділу 7.....	385
РОЗДІЛ 8	
АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	389
ВИСНОВКИ.....	417
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	422
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	425
ДОДАТОК А.....	477
ДОДАТОК Б.....	581
ДОДАТОК В.....	592

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

- ALARA (As Low As Reasonably Achievable) (наскільки це розумно досяжно)
- ATLS – Advanced trauma life support (розширена підтримка життя при травмі)
- AUC – area under the curve (площа під ROC-кривою)
- DCS – damage control surgery (контроль ушкоджень)
- EF – етіологічна частка відносного ризику
- EFAST – направлений на пошук пневмотораксу
- FAST – focused assessment with sonography for trauma, направлений пошук рідини
- FBS – Full Body Scan (сканування всього тіла)
- GUCCI – глобальне ультразвукове обстеження критично хворих
- HU – од. Хаунсфілда
- j % – прогностичний індекс
- PACS – зберігання та архівування зображень
- POCUS – приліжкове ультразвукове обстеження важкохворих
- RR – relativ risk (відносний ризик)
- SWE – shear wave (зсувнохвильова еластометрія)
- АЗФ – апарат зовнішньої фіксації
- АК – автомат Калашникова
- АТО/ООС – антитерористична операція/операція об'єднаних сил
- АФЗ – анатомо-функціональна зона
- БК – бойова куля
- БТ – бойова травма
- БУ – бойове ушкодження
- ВМГ – військовий мобільний госпіталь
- ВМКЦ – військово-медичний клінічний центр
- ВогнП – вогнепальне поранення (кульове, осколкове)
- ВП – вибухове поранення
- ВР – вогнепальна рана
- ВРІТ – відділення реанімації та інтенсивної терапії

ВС – військовослужбовці
ВТ – вибухова травма
ВТЛ – вибухова травма легень
ВЯВ – внутрішня яремна вена
ГВКВ – Головний військовий клінічний госпіталь
ГКО – шкала Гур'єва Кравцова Ордатія
ГПН – гостре пошкодження нирок
ДІ – довірчий інтервал
ЕМЕ – етап медичної евакуації
ЗБТ – закрита бойова травма, забронева травма
ЗІЗ – засоби індивідуального захисту (захисний шолом, бронежилет, окуляри)
ЗС – збройні сили
ІМТ – індекс маси тіла
КАБ/КАР – керовані авіаційні бомби/керовані авіаційні ракети
КББІ – комбінований балістичний біологічний імітатор
КДК – кольорове доплерівське картування
КІМ – комплекс інтима медіа
К_п – коефіцієнт потреби
ЛЕЗ – лікувально-евакуаційні заходи
МБЕ – модельний балістичний експеримент
МВ – медична візуалізація
МВБТ – медична візуалізація бойової травми
МВШ – медико-візуальна шкала
МДКТ – мультidetекторна комп'ютерна томографія
МЗ – медичне забезпечення
МО – Міністерство оборони
МРТ – магнітно-резонансна томографія
НВМКЦ «ГВКГ» – Національний військово-медичний клінічний центр «ГВКГ»
НДР – науково-дослідна робота

НДЦ – науково-дослідний центр експертизи, сертифікації, випробувань індивідуальних захисних броньованих засобів НУОУ

НПВ – нижня порожниста вена

НСВТ – кулемет танковий Нікіфорова СольвйоваВасильєва

НУОУ – Національний університет оборони України

НУОУ – Національний університет оборони України

ОГК – органи грудної клітки

ОЗ – охорона здоров'я

ОКЛ – обласна клінічна лікарня

ОЧП – органи черевної порожнини

П – постраждалі (поранені/травмовані)

ПД – променева діагностика

ПДВ – пункційно-дренуючі втручання

ПХГ – передова хірургічна група

ПХО – первинна хірургічна обробка

РАГ – рентгенівська ангиографія

РГ – рентгенографія

РК – рановий канал

РМЗ – рівень медичного забезпечення

РС – раннячий снаряд

РСЗВ – реактивна система залпового вогню

РУВ – російсько-українська війна

САК – субарахноїдальний крововилив

СГД – снайперська гвинтівка Драгунова

СЕГ – соноеластографія

СПО – стан після операції (післяопераційний стан)

СТВП – сторонні тіла вогнепального походження

СТНВП – сторонні тіла невогнепального походження

ТАП – торакоабдомінальне поранення

ТЕЛА – тромбоемболія легеневої артерії

УВМА – українська військово-медична академія

УВМА – Українська військово-медична академія

УЗД – ультразвукова діагностика

УЗДГ – ультразвукова доплерографія

УСГ – ультрасонографія

ХМАПО – Харківська медична академія післядипломної освіти

ЦРЛ – центральна районна лікарня

ЧМТ – черепно-мозкова травма

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Останніми десятиліттями як в Україні, так і в світі спостерігається значне підвищення летальності при травматичних ушкодженнях людини на тлі зростання ступеня їх важкості [60, 74, 76, 112, 157, 185, 217, 218, 221, 360]. Викликом сьогодення стало збройне протистояння на сході України (2014–2022 рр.), яке переросло у російсько-українську війну. На території України ворог з 24.02.2022 р. застосовує сучасне озброєння, модернізовану військову техніку, поєднує та комбінує вогневе ураження. Це змінило частоту, характер, структуру й тяжкість БТ та ускладнило медико-діагностичну допомогу на всіх рівнях медичного забезпечення [93, 161, 184, 221, 245, 262, 276, 277, 303, 307, 345]. Досвід бойових дій на сході України та повномасштабної війни демонструє постійне вдосконалення сучасної зброї, здатної спричинити тяжкі вогнепальні поранення – від механічних ушкоджень до багатофакторного впливу завдяки вогневим ураженням (висококінетичною стрілецькою зброєю з модифікованими бойовими кулями (БК); радіокерованими вибуховими пристроями високоточної дії; касетними бомбами; осколково-фугасними, хімічними боєприпасами; ударними бойовими дронами; керованими авіаційними ракетами чи бомбами) [7, 28, 61, 85, 95, 101, 103, 104].

Незважаючи на медико-технічне оснащення РМЗ діагностичними модулями, впровадження сучасних інструментальних методів візуалізації, вдосконалення методів хірургічного лікування – БТ залишається однією з провідних причин тимчасової й стійкої втрати боєздатності та летальності [7, 11, 17, 25, 26, 93, 95, 100, 161]. До надання медичної допомоги пораненим, ураженим, травмованим і хворим, їх лікування та відновлення боєздатності залучена військова та цивільна медицина, приведено спроможності РМЗ від потреб мирного до потреб воєнного часу [15, 82, 93, 106, 161, 368, 369, 372]. Головним принципом медичного забезпечення є наближення, удосконалення, підвищення ефективності медичної допомоги, у тому числі діагностичної, до поранених, уражених і хворих шляхом використання сучасних технологій

медичної візуалізації, скорочення кількості етапів медичної евакуації, часу на евакуацію та зменшення діагностичного періоду [72, 73, 82, 115, 116, 118].

На структуру БТ вплинули характер ведення бойових дій, а на результати лікування – медико-технічне забезпечення медичних підрозділів і військово-медичних закладів відповідно до завдань, можливостей; підготовка військових лікарів та інші фактори, які останніми роками значно змінилися, що потребувало нових підходів до медичної візуалізації бойової травми у сучасній війні [6, 31, 87, 88, 169, 171, 276, 277, 280, 366].

Таким чином, актуальність проблеми обумовлена як важкістю, поліваріантністю поранень, травм сучасними видами зброї, недосконалістю діючої системи медичної візуалізації, рівнем технічного оснащення етапу медичної евакуації (ЕМЕ), адаптованих до відповідної бойової обстановки, відсутністю візуальних ознак бойових ушкоджень гострої травми та післяопераційних ускладнень. З моменту повномасштабного вторгнення військ РФ змінилися умови надання допомоги на РМЗ, виокремилися напрямки первинної хірургії бойових ушкоджень та хірургії ускладнень, що й визначило вирішальне діагностичне значення МВБТ та ускладнень. Тобто, проблема визначилася організаційною, лікувальною, діагностичною складовою, що потребувало експериментального вивчення характеру вогнепальних поранень, багатофакторного аналізу та виявлення факторів ризику летальних випадків, візуально-балістичної оцінки для об'єктивізації важкості травми, стану, встановлення візуальних ознак бойових ушкоджень гострої травми та ускладнень для вдосконалення діагностичної та лікувальної тактики, покращення лікування на РМЗ із застосуванням технічних здобутків ранової балістики, сучасної військової радіології, хірургії, телемедицини, покращення та вдосконалення системи медичної візуалізації бойової травми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.
Дисертаційна робота виконана за планом НДР «Променева діагностика бойової хірургічної травми» (Radiologic diagnostics of the battle surgical trauma) Харківської медичної академії післядипломної освіти (ХМАПО) МОЗ України

(номер державної реєстрації 0117U005011; 2017 р.); комплексної НДР «Розробка методики випробувань мобільного цифрового рентгенографічного та короткотермінового рентгеноскопічного комплексів» (шифр «ІОНА», Українська військово-медична академія (УВМА) (номер державної реєстрації 0118U002150; 2018–2019 рр.); НДР Національного університету оборони України (НУОУ) «Формування вимог до протиосколкового захисту бойових броньованих машин (шифр «Ковдра-УО», 2020 р.); НДР «Розроблення сучасних методів діагностики та лікування гнійно-септичних ускладнень при бойовій хірургічній травмі» (шифр «Рана», УВМА (номер державної реєстрації 0120U101834; 2020–2022 рр.); НДР НУОУ «Теоретико-практичні аспекти оцінки якостей і експлуатаційних властивостей м'яких балістичних пакетів бронезилетів» (шифр «Відсіч-УО», 2023 р.); «Порівняльна оцінка характеристик 5,45x39 мм набоїв 7Н39 та 7Н10» (шифр «Радар-1», 2023 р.) та «Порівняльна оцінка характеристик 5,45x39 мм боєприпасів виробництва РФ 7Н22, 7Н39 з боєприпасом радянського виробництва індекс 7Н10» (шифр «Радар-2», 2023 р.)

Тема дисертації рекомендована до виконання та затверджена на засіданні Вченої ради ХМАПО МОЗ України (протокол № 10 від 23 грудня 2016 р.).

Мета дослідження: підвищення ефективності діагностики бойових ушкоджень для покращення лікування постраждалих із бойовою хірургічною травмою шляхом застосування променевих методів медичної візуалізації (експериментальне та клінічне дослідження).

Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні **завдання:**

1. Провести модельне експериментальне дослідження механогенезу вогнепального поранення, вивчити характер вогнепальних поранень, обґрунтувати ефективність променевих методів діагностики бойових ушкоджень, виявити візуальні ознаки гострої бойової травми, розробити балістичну волюмометрію.

2. Вивчити багатofакторну (клініко-нозологічну, клініко-епідеміологічну, клініко-балістичну, медико-візуальну) характеристику бойової хірургічної травми, представити анатомічні візуально-балістичні моделі в групах

порівняння, проаналізувати візуальні ознаки бойових ушкоджень, дослідити зв'язок клінічних показників із тяжкістю травми, важкістю стану, оцінити ризик летального випадку.

3. Створити медико-візуальну шкалу з бально оціненими візуальними ознаками бойових ушкоджень для прогнозу виживання, порівняти з анатомічними американськими шкалами AIS, ISS та українською шкалою Гур'єва Кравцова Ордатія, визначити фактори впливу ускладнень у постраждалих у післяопераційному періоді на механізми смерті.

4. Дослідити застосування в клінічній практиці балістичної та небалістичної волюмометрії у постраждалих із вогнепальною та невогнепальною травмою, оцінити відносний ризик летального результату лікування.

5. Проаналізувати лікувально-діагностичну роботу та ефективність застосування променевих методів діагностики на рівнях медичного забезпечення та вивчити особливості застосування візуалізуючих методів (рентгенографія, ультразвукова діагностика, мультидетекторна комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, рентгенівська ангіографія) для невідкладної діагностики та візуального контролю у порівняльних групах.

6. Створити організаційно-діагностичну схему на етапах медичної евакуації, схеми-алгоритми рентгенологічної діагностики, проаналізувати біофізичні, клінічні, візуальні паралелі ультразвукової діагностики в алгоритмі медичної візуалізації з практичним застосуванням у постраждалих із бойовими ушкодженнями.

7. Визначити послідовність КТ-сканування у постраждалих із вогнепальним пораненням, вибуховою травмою, виявити візуальні ознаки бойових ушкоджень різної локалізації та ускладнень бойової травми.

8. Проаналізувати результати діагностичної ефективності променевих методів медичної візуалізації бойової хірургічної травми: чутливість, специфічність, позитивну та негативну прогностичну значущість для ефективної діагностики бойових ушкоджень.

9. На підставі медичної візуалізації відобразити результати ефективного застосування променевих методів, визначити медіану значень сумарної дози опромінення при рентгенологічному, комп'ютерно-томографічному дослідженнях та визначити безпечну, ефективну варіацію променевої діагностики бойової хірургічної травми, візуального контролю для покращення лікування постраждалих у післяопераційному періоді.

Об'єкт дослідження: медична візуалізація бойової хірургічної травми та ускладнень.

Предмет дослідження: анатомічні моделі бойової хірургічної травми, порівняльна інформативність, ефективність променевих методів, візуальний контроль бойових ушкоджень, структурно-функціональні зміни ушкоджених тканин, фактори ризику летальних випадків.

Методи дослідження:

– експеримент на біологічних та небіологічних об'єктах – для вивчення балістичних властивостей уражаючих факторів, механогенезу вогнепального поранення, закритої бойової травми, заброневої травми та діагностичних спроможностей застосованих методів візуалізації бойових ушкоджень різної локалізації;

– гістоморфологічний – для вивчення морфологічних змін у тканинах, органах, ранових каналах, анатомо-функціональних зон бойового ураження в експерименті;

– клінічний – спостереження результатів медичної візуалізації бойової травми на РМЗ та результатів лікувально-діагностичного процесу за використання променевих методів та візуального контролю;

– системний аналіз (системно-функціональний, системно-структурний, системно-аналітичний) – послідовне проведення багатофакторного аналізу бойової хірургічної травми та діагностичної допомоги шляхом променевих методів діагностики у постраждалих на РМЗ, що сприятиме вирішенню складної проблеми медичної візуалізації бойової травми у сучасній війні;

- візуально-балістичний – для виявлення візуальних ознак бойових ушкоджень та ускладнень, прогнозу виживання, факторів ризику летального випадку, зв'язку ускладнень із механізмами смерті, за умови застосування рентгенологічного, ультразвукового методів, мультidetекторної комп'ютерної, магнітно-резонансної томографії, рентгенівської ангиографії;

- методи статистичного аналізу – статистична обробка отриманих результатів дослідження;

- моделювання – анатомічні візуальні моделі бойової хірургічної травми.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше розроблено, обґрунтовано та впроваджено в практику принципово нову систему медичної візуалізації бойової хірургічної травми шляхом застосування променевих методів діагностики під час надання хірургічної допомоги пораненим, травмованим та оцінено їх діагностичну ефективність.

На підставі комплексного багатofакторного аналізу бойової хірургічної травми в постраждалих у різні періоди збройної боротьби та повномасштабної війни, експериментального дослідження балістичних властивостей високошвидкісних елементів бойового ураження стрілецькою зброєю, осколками, ролі та можливості сучасних діагностичних методів, розширеного інформаційно-програмного забезпечення, застосування можливостей сучасних комп'ютерних програм, технологій та досягнень телемедицини:

- отримано нові дані про візуально-балістичну структуру БТ, особливості структурно-функціональних змін ушкоджених органів та візуальних ознак бойових ушкоджень у постраждалих внаслідок дії сучасної вогнепальної зброї;

- вперше проведено порівняльний балістичний аналіз характеру, структури БТ, візуальних ознак БУ залежно від застосованої противником зброї, механізму, типу, виду БТ та встановлено зв'язок із клінічною оцінкою тяжкості травми, важкості стану, визначено ризику летальних випадків;

– вперше в Україні проведено комплексне експериментальне дослідження механогенезу вогнепальних поранень та візуально вивчено їх характер залежно від балістичних особливостей сучасної вогнепальної зброї, впливу заброневої перешкоди та осколково-направленої дії із застосуванням експериментальних тварин та небіологічних об'єктів, інструментального, морфологічного вивчення структурно-функціональних змін у зоні дії раннячого снаряду та за його межами. Обґрунтовано доцільність застосування рентгеноконтрастних методів медичної візуалізації бойової травми в анатомо-функціональній зоні прямого, бокового, гідродинамічного удару, заброневої травми та впровадження візуального способу рентгенологічної діагностики пошкодження бронежилетів;

– розроблено візуально-балістичний спосіб доклінічної оцінки для об'єктивізації тяжкості травми, важкості стану, з встановленням балів візуальних ознак БУ, що обтяжують прогноз виживання, визначають розвиток ускладнень; визначено коефіцієнт (показник) потреби в невідкладних променевих методах для дотримання тактики візуального контролю на РМЗ, прогностичний індекс руйнації органів та встановлено зв'язок ускладнень із механізмами смерті;

– розроблені схеми-алгоритми вибору обсягу та послідовності діагностичних заходів, методів візуалізації, відеотелеконсультацій з інтеграцією медичної інформаційної системи у постраждалих із БТ на II–IV РМЗ залежно від їх спроможності;

– вперше в Україні застосовано для візуальної медичної рекогносцировки променеві методи МВБТ різної локалізації із дотриманням тактики візуального контролю БУ, відповідно до медико-тактичної обстановки та доведена їх ефективність;

– оптимізовано та впроваджено візуальні показники бойових ушкоджень, ускладнень (маркерів ушкоджень, сторонніх тіл вогнепального та невогнепального походження, інфекційних, неінфекційних ускладнень), структурно-функціональних змін тканин при БТ на II–IV РМЗ шляхом визначення обсягу, послідовності діагностичної допомоги залежно від тяжкості

травми, важкості стану постраждалого, механізму вогнепального поранення, визначено функціональний зв'язок домінуючого ушкодження, іншої локалізації ушкоджень та вдосконалено показання, методики до проведення МДКТ *Full Body Scan* із контрастуванням та без контрастування;

– отримані науково обґрунтовані експериментальні результати діагностичної ефективності та інформативності променевих методів діагностики для клінічного значення та застосування МДКТ з контрастуванням та без контрастування при вогнепальних пораненнях, які стали підґрунтям для внесення змін у діагностичну тактику під час етапного хірургічного лікування постраждалих у важкому та вкрай тяжкому стані;

– визначено безпечну, ефективну варіацію променевої діагностики та променевого контролю, ідентифікації бойових ушкоджень та ускладнень післяопераційного періоду в системі медичної візуалізації, встановлено діагностичну ефективність (чутливість, специфічність, позитивну, негативну прогностичну значущість) рентгенологічного та ультразвукового методів променевої діагностики бойової хірургічної травми;

– проведено порівняльний аналіз зміни лікувально-діагностичної тактики при імплементації променевих методів медичної візуалізації при етапному лікуванні постраждалих із бойовою хірургічною травмою та розроблено, впроваджено в сучасну схему системи етапного лікування постраждалих із бойовою хірургічною травмою методів променевої діагностики та променевого контролю бойових ушкоджень;

– доведено діагностичну ефективність променевих методів для клінічної оцінки та значення візуалізуючих методів для діагностики гострої травми та у віддаленому періоді, що свідчить про скорочення діагностичного періоду та покращення результатів лікування.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що вони стали підставою додаткової об'єктивної клінічної оцінки тяжкості травми та важкості стану постраждалих при поєднанні з візуальною оцінкою бойових

ушкоджень та променевого контролю в ході хірургічного лікування поранених, травмованих із бойовою хірургічною травмою.

В експериментальному дослідженні термінальної балістики елементів ураження вогнепальною зброєю на біологічних та небіологічних об'єктах (патент 141888) встановлено, що: 1) біологічний об'єкт (коза) за багатьма анатомо-фізіологічними параметрами відповідала людині, що дозволило в подальшому використовувати модель у дослідженні; 2) візуально оцінені результати тяжкості вогнепальних поранень внутрішніх органів у відкриті анатомо-функціональні зони бойовою кулею калібру 5,45 мм та у заброневих умовах БК 7,62 мм цілком задовольнило та вимагало проведення рентгеноконтрастних досліджень для променевої діагностики множинних, поєднаних бойових ушкоджень та МДКТ у режимі сканування всього тіла – *Full Body Scan*; 3) на підставі отриманих даних моделі ранових каналів БК калібру 5,45 мм, патрона 7Н39 із карбиду вольфраму, визначено рентгенівську щільність різних фракцій осколків, візуалізовано газ у рановому каналі, розроблено балістичну волюмометрію ранових каналів, ділянок бойових ушкоджень із прогностичним індексом та соноеластометрично їх оцінено, що задовольняє вимоги до хірургічної обробки ран.

Розроблено та впроваджено в практику спосіб візуальної оцінки тяжкості ушкоджень, стану постраждалого з бойовою хірургічною травмою для прогнозу виживання у сучасній війні (патент 143329) при поєднанні візуально-балістичних ознак бойових ушкоджень з клінічним обстеженням, бальною оцінкою тяжкості травми, стану життєво важливих систем, локалізацією бойових ушкоджень.

Вивчено особливості візуально-балістичних ознак та медико-статистичних показників ранових каналів, ділянок бойових ушкоджень, факторів ризику летальних випадків, зв'язку ускладнень із механізмами смерті, що вимагає враховувати їх для успішного хірургічного лікування.

Розроблено та впроваджено в лікувально-діагностичну практику комплекс діагностичних заходів та алгоритмів при поєднаній абдомінальній, торакальній

травмі, що призвело до скорочення діагностичної фази (10 хв), підвищило діагностичну ефективність променевих методів на всіх РМЗ, з перевагою УЗД ($58,4 \pm 1,6$) % над РГ ($18,6 \pm 1,2$) %, МДКТ ($14,7 \pm 1,1$) %, МРТ ($6,5 \pm 0,8$) % та РАГ ($1,8 \pm 0,4$) %, та МДКТ ($73,0 \pm 3,7$) % на IV РМЗ ($p < 0,05$), (патент 117503). Визначено коефіцієнт, умовний показник K_{Π} для прогнозування кількісної потреби у візуалізуючих методах, а саме: 3 УЗД, 1 РГ та 1 або (0) МДКТ (на одного постраждалого) для діагностики бойових ушкоджень.

Для виконання сортувальної та діагностичної МДКТ *Full Body Scan* вдосконалено послідовне болюсне контрастне сканування у різні фази (в артеріальну фазу – ангиографія судин шиї, кінцівок; в артеріальну та венозну – органів грудної клітки, черевної порожнини, таза; в екскреторну фазу – органи заочеревинного простору, таза; всі органи і системи безконтрастно; нативно – головний мозок), що дозволило проводити відеомоніторинг та сортування постраждалих із вибуховим пораненням, вибуховою травмою на IV РМЗ. В післяопераційному періоді у поранених, які проходили декілька етапів лікування, за життєвими показаннями, з поліорганною чи нирковою недостатністю або на діалізі, для моніторингу операцій, ускладнень, діагностичного супроводу, вичерпної діагностики ушкоджень судин та органів, для виявлення ускладнень бойової хірургічної травми на IV РМЗ виконували МДКТ із контрастуванням, що скоротило діагностичний період.

Розроблений спосіб візуально-балістичної оцінки на підставі використання обґрунтованих променевих методів, візуальних ознак бойових ушкоджень та діагностичного супроводу, дозволив знизити терміни госпітального перебування у НВМКЦ «ГВКГ» з 13 (7–19) до 9 (6–18) діб ($p = 0,004$). Застосування під час хірургічного лікування у постраждалих на IV РМЗ інтервенційної сонографії, соноеластометрії порожнинних випотів, патологічних осередків, підвищило їх диференційну діагностику, що вплинуло на тактику хірургічного лікування.

Визначення рентгенівської щільності сторонніх тіл вогнепального походження (СТВП) порівняно з експериментальним еталоном куль калібру 5,45 та 7,62 мм (щільність 3071 од. НУ) сприяло підвищенню ефективності візуальної

оцінки куль, осколків різних фракцій, фрагментів боєприпасів для вибору тактики хірургічного лікування. Застосування прогностичного індексу j (%) руйнації м'яких тканин та кісток вплинуло на зміну структури, характеру бойової травми, змістило вогнепальні поранення (кульові, осколкові) (46,6 % випадків) в бік вибухових поранень (63,1 % випадків), ($p < 0,001$) з об'єктивним встановленням локалізації домінуючого ушкодження під час виконання сортувального МДКТ ($p < 0,001$). Отримані результати балістичної та небалістичної волюмометрії надали можливість стверджувати, що прогностичний індекс j (%) – дискримінантний показник, за допомогою якого можна прогнозувати успішність хірургічного лікування з ймовірністю більше 80 %, якщо j (%) буде ≤ 40 %. На підвищення ефективності діагностики вплинуло застосування тактичних методів медичної візуалізації (спорідненого рентгенологічного, ультразвукового) та стратегічного методу МДКТ з контрастуванням безпосередньо при сортуванні постраждалих на IV РМЗ, що підвищило променево-діагностичну ускладненість бойової хірургічної травми.

Завдяки використанню візуальних ознак ушкоджень гострого експерименту, розроблених схем, алгоритмів діагностики, виявленню візуальних ознак бойових ушкоджень та ускладненостей бойової травми, бального оцінювання для прогнозу виживання, визначенню факторів ризику летальних випадків та зв'язку ускладненостей із механізмами смерті, при застосуванні променевих методів візуалізації у постраждалих, кількість ускладненостей знижено з 41,6 % (95 % ДІ 36,5–46,7) до 24,8 % (95 % ДІ 21,6–28,2) ($p < 0,01$). Показник відношення ризиків склав 0,6 (95 % ДІ 0,50–0,72), що відобразило зниження ризику летального випадку в основній групі, де створена система етапного лікування постраждалих із бойовою хірургічною травмою.

Визнано «безпечну, ефективну варіацію променевої діагностики бойової травми» для медичної візуалізації – 3 (УЗД) : 1 (РГ) : 1 або (0) МДКТ; для візуального контролю – 3(4) (УЗД) : 2 (РГ, 1,6 мЗв) : 1 (МДКТ, 16 мЗв).

Впровадження результатів дослідження. Результати дослідження та розроблені схема, алгоритми в системі МВБТ, що базуються на медичній

візуалізації та контролі бойових ушкоджень, впроваджено в практичну роботу хірургічних відділень та клініки променевої діагностики і терапії Національного військово-медичного клінічного центру «Головний військовий клінічний госпіталь», ВМКЦ Південного регіону (Одеса), ВМКЦ Північного регіону (Харків), військових мобільних госпіталів, рентгенологічного, ультразвукового та комп'ютерно-томографічного відділень Дніпровської обласної клінічної лікарні імені І. І. Мечникова (ОКЛ), відділення політравми Київської міської клінічної лікарні швидкої медичної допомоги та навчального процесу кафедри військової хірургії УВМА, кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, кафедри ультразвукової та функціональної діагностики Навчально-наукового інституту післядипломної освіти Харківського національного медичного університету.

Особистий внесок здобувача. Дисертантка провела патентно-інформаційний пошук, аналіз та узагальнення сучасних джерел вітчизняної та зарубіжної літератури. Сформулювала мету та визначила завдання, розробила програму дослідження, методичний підхід до реалізації, повністю провела збір та аналіз матеріалу дослідження, розробила та сформулювала положення, висновки дисертаційної роботи та рекомендації щодо впровадження результатів у практичну охорону здоров'я. Виконала клініко-інструментальні, медико-візуально-балістичні спостереження (1014 постраждалих із бойовою травмою) та модельний балістичний експеримент (6 експериментальних тварин та небіологічні об'єкти). Безпосередньо провела та брала участь у лікувально-діагностичному процесі постраждалих із БТ у різні періоди збройної боротьби та повномасштабної війни (кінець 2013–2023 років). Провела статистичну обробку первинних даних, аналіз та узагальнення отриманих результатів, сформулювала висновки, написала всі розділи дисертації.

В роботах, виконаних у співавторстві, реалізовані наукові ідеї здобувачки, не використані ідеї і розробки співавторів, матеріали та висновки кандидатської дисертації.

Ступінь достовірності і апробація результатів дослідження. Ступінь достовірності результатів проведеного дослідження обґрунтовано значним і репрезентативним масивом вибірки дослідних ($n=1014$), а також проаналізованих БУ та ускладнень БТ, використанням сучасних методів променевої діагностики на сертифікованому обладнанні (цифрова рентгенографія, рентгеноконтрастні дослідження, ультразвукова діагностика з використанням кольорового, енергетичного доплерівського картування, соноеластометрії та стеатометрії печінки, зсувнхвильової еластометрії м'яких тканин тіла, мультidetекторної комп'ютерної томографії з контрастуванням та в нативному режимі, магнітно-резонансної томографії, рентгеноконтрастної ангіографії) з визначенням їх діагностичної ефективності (чутливості, специфічності, позитивної та негативної прогностичної значущості) та обробкою отриманих даних програмними методами математичної статистики та моделювання.

Наразі результати дисертаційного дослідження впроваджено і використовуються у практичній роботі клініки (променевої діагностики та терапії) Національного військового медичного центру «ГВКГ», у рентгенологічному, ультразвуковому відділеннях, у відділенні КТ і МРТ, приймальному та діагностичному відділеннях Лікарні швидкої медичної допомоги м. Київ, м. Харків, Українському науково-практичному центрі екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України, військово-мобільних госпіталях України, відділенні променевої діагностики ОКЛ імені І. І. Мечникова (м. Дніпро), ОКЛ (сходу України). Основні науково-практичні положення дисертації використовуються у навчальному процесі на кафедрі військової хірургії Української військово-медичної академії, кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, кафедри ультразвукової та функціональної діагностики Навчально-наукового інституту післядипломної освіти Харківського національного медичного університету.

Результати дисертаційного дослідження були представлені та обговорені на науково-практичних конференціях, засіданнях та конгресах: Української асоціації фахівців ультразвукової діагностики (2014–2018, 2020–2021, 2023); зональних науково-практичних конференціях «Захворювання судин голови та шиї» (Київ, 2017, 2018); науково-практичних конференціях з міжнародною участю «Актуальні інфекційні захворювання. Сучасні аспекти клініки, діагностики, лікування та профілактики» (Київ, 2015–2018); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання надання хірургічної допомоги та анестезіологічного забезпечення в умовах воєнного і мирного часу», з'їздах військових хірургів та анестезіологів (Київ, 2016, 2017, 2022, 2023); Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні питання надання хірургічної допомоги та анестезіологічного забезпечення в умовах воєнного і мирного часу», присвяченій 220-й річниці Військово-медичного клінічного центру Південного регіону (Одеса, 2017); XXIII (Японія, Кіото, 2017) та XXIV (ОАЕ, Дубаї, 2019) Всесвітніх неврологічних конгресах; міжрегіональній науково-практичній конференції «Бойова хірургічна травма. Актуальні питання променевої діагностики» (Дніпро, 2018); міждисциплінарній науково-практичній конференції з актуальних питань анестезіології, інтенсивної терапії та бойової травми «Компас анестезіолога» (Бердянськ, 2018); 40th Anniversary & 51st Annual Congress of Korean Society of Ultrasound in Medicine (Seul, South Korea, 2020); IV науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні читання імені Володимира Паська» (Київ, 2021); міжнародній науково-практичній конференції «Хірургія, анестезіологія, реаніматологія: нові реалії» (online, Київ, 2022); V ювілейному з'їзді колопроктологів України за міжнародною участю (Київ, 2022); XVI з'їзді військових хірургів та анестезіологів України «Досягнення воєнно-польової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій» (Київ, 2022); науково-практичній конференції Асоціації хірургів України, Асоціації ран, хірургії, загоєння з міжнародною участю «Актуальні питання невідкладної хірургії» (Харків, 2022); міжнародній медичній виставці PUBLIC HEALTH (Київ, 2022, 2023);

9-му Національному конгресі з міжнародною участю «Радіологія в Україні 2023» (Київ, 2023).

Публікації. За темою дисертаційного дослідження було опубліковано: 5 статей у виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus, 11 – у провідних наукових виданнях України, 6 – у наукових виданнях інших держав; 4 монографії, 3 підручники, 3 навчальних посібники, 1 методичні рекомендації, 1 Настанову з воєнно-польової хірургії, 1 статтю в збірнику наукових праць, 20 тез доповідей. Отримано 4 патенти на корисну модель.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, огляду літератури, опису матеріалів та методів, 5 розділів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел, додатків. Дисертацію викладено на 594 сторінках друкованого тексту, ілюстровано 59 таблицями, 163 малюнками. Список літератури включає 467 найменувань робіт, з них 170 кирилицею і 297 латиницею.

РОЗДІЛ 1

МЕДИЧНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ БОЙОВОЇ ТРАВМИ. ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА АКТУАЛЬНІСТЬ (огляд літератури)

1.1. Історичні аспекти розвитку медичної візуалізації від перших відомостей про застосування рентгену для діагностики ушкоджень в умовах ведення війни до сьогодення

Епохальні відкриття В. Рентгена, створення О. Лоуренсом циклотрону, сканера Б. Кассеном, ПЕТ сканера Е. Фелпсом і Е. Хоффаном, гамма-камери Х. Енджером, методики МРТ П. Лаутербуром, КТ А. Кормаком і Г. Хаунсфільдом ознаменували революційні перетворення у медицині та біології, створили нові методи візуалізації медико-біологічних систем. Медична візуалізація (МВ) належить до біологічної візуалізації. Візуальні зображення формуються за допомогою променевих методів, які підпорядковуються фізичним законам та базуються на медичному застосуванні рентгенівських променів, медичної акустики, фотографії, тактильної, функціональної візуалізації тощо [71, 153, 206, 318, 411, 418, 438, 441, 449, 455]. Опубліковані В. Рентгеном у 1895 р. відомості про новий вид випромінювання швидко знайшли практичне застосування у медицині та привернули увагу військових лікарів можливістю застосування X-променів на війні при пораненнях, травмах [133, 271, 416, 438]. Так історія рентгенодіагностики розпочалася наприкінці ХІХ ст. Вперше у світовій практиці саме наш земляк Іван Пулюй зробив знімок зламаної руки 13-річного хлопчика, знімок руки своєї доньки зі шпилькою та скелета мертвонародженої дитини [16]. У 1896 р. В. М. Тонков застосував X-промені для вивчення процесів окостеніння й розвитку кісткової тканини, А. І. Лебедєв запропонував використовувати їх в акушерстві та гінекології [86]. Піонерами рентгенології в Україні були С. Григор'єв, А. Штерман та ін. [5]. В українській радіологічній галузі Першої світової війни відзначився Юрій Тесленко-Приходько, який створив Київську рентгенкомісію та 50 рентген-станцій в Україні [5].

Необхідність хірургічної допомоги постраждалим від нещасних випадків, травм, поранень – частина історії цивілізації, а також історія медичної допомоги пораненим на війні [288, 351, 457]. Протягом значного періоду історії війн, солдати помирали від захворювань, а не від бойових травм (БТ) [427]. Так, починаючи з ХІХ ст. смертність від вогнепальних ран (ВР) зменшилася, тому що хірурги постійно розробляли шляхи евакуації поранених [351, 438]. Безумовно, крім медичної евакуації й організації надання хірургічної допомоги, на виживання поранених вплинули хірургічна техніка та медичні технології того часу [351, 438]. Італійці одними з перших випробували рентген-апарат у 1896 р. під час Першої італо-єфіопської війни. Військовий лікар підполковник Джузеппе Альваро за допомогою X-променів ідентифікував кулі та осколки в передпліччях солдат. За італійцями пішли англійці: їх апарати працювали в Судані, Індії, Афганістані, Південній Африці. Американці також випробували на поранених властивості рентгенівських променів у 1898 р. на Кубі та Філіппінах для візуалізації куль [166]. Під час греко-турецької війни 1897 р. рентгенівські промені були використані з діагностичною метою поблизу поля бою в польових госпіталях [394, 411, 438]. У 1898 р. англійський військовий лікар Уолтер С. Бівор оприлюднив досвід роботи з рентгенівським мобільним пристроєм під час військової кампанії в Афганістані та Індії. Схожий досвід набув англійський лікар Джон С. Баттерсбі, який застосував рентгенівський апарат на війні в Судані в 1899 р. Обидва лікарі використовували рентгенівські апарати безпосередньо поблизу лінії фронту [438]. Під час першої світової війни пересувний рентген-апарат, який започаткувала Марія Склодовська-Кюрі для виявлення куль і шрапнелі в польових умовах, широко й ефективно застосовували в польових госпіталях [94, 226]. Якість надання допомоги пораненим вийшла на новий рівень. Передові засоби для діагностики стали доступнішими та перемістилися ближче до лінії фронту. Як керівник радіологічної служби Червоного Хреста, наприкінці 1914 р. вона створила Перший військовий рентгенологічний центр та сприяла відкриттю 200 рентгенологічних відділень, оснащення 18 рентгенологічних автомобілів [94, 457]. Саме під час Першої світової війни

рентгенологія була визнана як окрема спеціальність, що безпосередньо допомагало в роботі армійським хірургам, завдяки чому скоротилася кількість жертв. Проте на той час не було можливості та спроможності забезпечити радіаційну безпеку медичного персоналу при роботі з рентгенівськими апаратами. З часів Першої світової війни військова рентгенологія постійно розвивалася, удосконалювалася рентгенологічна апаратура, створювалася діагностична служба. Перша рентгенівська лабораторія у Росії була відкрита у 1901 р. У 1918 р. рентгенівське дослідження було проведено постраждалому із вогнепальним пораненням грудної клітки та зроблено висновок про бойове ушкодження (БУ) проникного характеру. Ця подія стала відліком часу розвитку військової радіології у царській Росії. Інструментальне обстеження евакуйованих поранених із Маньчжурії та Кореї (русько-японська війна 1904–1905 рр.) методом «полуграфії» (пошук сторонніх тіл) також визначило високу діагностичну ефективність рентгенологічного методу променевої діагностики [63]. Тому вирішальне значення у розвитку організаційних форм медичного забезпечення військ Першої світової війни мав радіологічний автомобіль – прототип «пересувного рентгенівського кабінету на колесах», заснований М. Складовською-Кюрі [94, 438], що в подальшому було визнано досягненням у фізиці променевої енергії [86, 438]. Під час війни з особливою гостротою проявилось значення рентгенівської діагностики БУ при пораненнях, травмах кінцівок. Ще у середні віки лікар Гай Де Шоляк (кінець XIII – початок XIV ст.) звернув увагу на необхідність видалення сторонніх тіл із вогнепальної рани [350, 437]. Тому застосування рентгенологічного дослідження осколкових поранень та вогнепальних переломів кінцівок значно обмежило активність хірургів щодо їх ампутацій на користь збереження кінцівок [457, 234, 365]. Також невідкладне лікування вогнепальних переломів стегнової кістки зменшило рівень смертності приблизно на 20 % [389]. Попри революційну роль рентгенології у військовій медицині світу під час війни, викладання та практичні навчання були обмеженими. На початку XX ст. американське товариство рентгенівських променів успішно подало клопотання до Військового відомства і було створено

10 центрів підготовки та навчання лікарів рентгенологів і техніків. У подальшому рентгенологічний метод вибірково та стримано застосовували у поранених і хворих у збройних конфліктах [19, 113]. Перед Другою світовою війною було сконструйовано портативний рентгенівський апарат, який легко упаковувався і транспортувався. Цей пристрій використовували для рентгенографії та рентгеноскопії у польових госпіталях [5, 94]. Рентгенограми застосовували для пошуку та оцінки сторонніх тіл і куль у поранених та планування хірургічного лікування [86, 113, 204, 383]. Однак, не зважаючи на значні успіхи в розвитку рентгенології, рентгенодіагностична робота носила рутинний характер. Серед хірургічних хворих було більше постраждалих із переломами кісток. Також проводилась діагностика по уточненню розташування сторонніх тіл, інколи їх видаляли під контролем рентгенівських променів [19, 33, 34, 41, 42, 59, 189, 442]. Наприкінці XIX – початку XX ст. з'явився термін *battlefield radiology*, тобто «радіологія на полі бою» або «військова рентгенодіагностика» [191, 271]. Згодом кількість фахівців-радіологів збільшилася, а рентгенівське обладнання стало простішим у використанні, безпечним для здоров'я рентгенологів та іншого медичного персоналу, хворих [269, 438, 448].

Незважаючи на давню історію використання польових госпіталів під час збройних конфліктів, значний розвиток система госпітальних баз отримала під час Другої світової війни. В цей час рентгенологічні апарати активно застосовувалися для діагностики та лікування поранених, травмованих, уражених [19, 20, 105, 211]. У роки Другої світової війни рентгенологи переключились на забезпечення діагностики травм воєнного часу (було виконано 1500 досліджень) та різних ускладнень після поранень – пневмонію, септичні стани, остеомієліту. У той період використовувався польовий рентгенівський апарат на дерев'яному трохоскопі. У післявоєнний період обсяг рентгенодіагностичної роботи розширився, виконувалися серійні, прицільні, пошарові та інші знімки [5, 105, 113]. В кінці XX ст. широко використовувався метод крупнокадрової флюорографії і рентгенотелевізійних досліджень, що

демонструвало ускладнений профіль різних захворювань. Діагностичну роботу рентгенологів тривалий час ускладнювали недостатній рівень оснащення технічної бази. Так, перші спроби проведення рентгенівської ангиографії (РАГ) у військових госпіталях були у 60-ті роки ХХ ст., а в подальшому постійно удосконалювали [19]. Рентгенологічний метод дослідження дозволив, не порушуючи цілісності тканин, вивчити будову, топографію, функцію більшості органів, систем людського організму [83, 101, 102, 130, 131, 133, 321, 359]. Рентгенанатомія була розроблена завдяки роботі плеяди рентгенологів. Першою з узагальнюючих робіт по рентгенанатомії була монографія А. Kohler (1931 р.) німецькою мовою, більш пізньою – монографія Д. Надь «Рентгенанатомія» (1961 р.) німецькою та російською мовами. Фундаментальні роботи по рентгенанатомії кістково-суглобової системи опублікували Д. Г. Рохлін, С. Майкова-Строганова (1952, 1955, 1957 рр.), В. А. Дьяченко (1954 р.), а по рентгенодіагностиці захворювань кісток і суглобів – у 1964 р. С. А. Рейнбергом, рентгенанатомії легень – Ф. Ковач, З. Жебек (1958 р.) [83, 130, 131, 134]. Розширено, змістовно, з діагностичними прикладами рентгенологічних досліджень із застосуванням рентгеноконтрастних засобів для діагностики захворювань органів шлунково-кишкового тракту та їх ускладнень представлено в атласах, практикумах, посібниках українського рентгенолога С. М. Прокопчука [127–129].

Рентгенологічна оцінка БТ була і залишається важливою складовою радіологічної допомоги постраждалим у військових конфліктах ХХ та ХХІ ст. [160, 383]. Удосконалення системи госпітальних баз привело до позитивного та стрімкого застосування рентгенологічного методу в діагностиці багатьох хірургічних, соматичних, інфекційних захворювань у військовослужбовців (ВС) [17, 33–39, 87, 88]. Після виведення угруповання радянських військ із Афганістану у Київський військовий госпіталь стали надходити поранені та травмовані з бойовою травмою кінцівок, внутрішніх органів, іншими патологічними змінами в органах [10, 19, 27, 28, 79]. Після Другої світової війни у Київському військовому госпіталі працював відомий рентгенолог, генерал-

майор медичної служби А. М. Кишковський. Можливості застосування рентгенологічного методу діагностики у хірургічному лікуванні травматичних ушкоджень різних органів і систем у поранених і травмованих та узагальнення бойового досвіду організаційно-діагностичної роботи він представив у своїй монографії післявоєнного періоду [19]. Професор А. М. Кишковський тривалий час після другої світової війни працював та очолював хірургічний та рентгенологічні напрямки діяльності радянської медичної служби та допомоги пораненим у Київському військовому госпіталі [19]. Саме професор А. М. Кишковський та його учні розвинули та успішно застосовували методику видалення СТВП (осколків, куль) під рентгенівським контролем. Наш співвітчизник, який також працював рентгенологом та завідував рентгенодіагностичним відділенням у Київському військовому госпіталі, професор, полковник медичної служби В. Г. Полежаєв, у посібнику з невідкладної рентгенології описав та запропонував методики рентгенологічної діагностики, симптоми у ВС після травми, а також захворювання кінцівок, що пов'язані з травмою [19, 113].

Історична зміна озброєння та пов'язаних із цим поранень [4, 85, 112, 464] стимулювали розвиток променевої діагностики під час військових дій у світі та безпосередньо в Україні [6, 31, 32, 161]. В останні десятиліття відзначено значний внесок променевої діагностики у сприянні одужання та повернення у стрій поранених і травмованих. Променева візуалізація відіграла важливу роль при постановці правильного діагнозу та визначенні характеру поранення, травми. За допомогою променевої діагностики встановлюється до 90 % діагнозів. Щорічно в Україні виконується понад 50 млн радіологічних досліджень. Проте своєчасність та правильність встановленого діагнозу значною мірою залежить від обґрунтованості проведення радіологічного дослідження та адекватного вибору методу променевої діагностики [102]. Можливості вивчення будови і функції різних органів, а особливо при їх травматичних ушкодженнях, обмежені, тому що рентгенологічне дослідження в умовах природної контрастності не дозволяє оцінити характеристику деяких морфологічних та

функціональних особливостей організму [128, 129]. Тому вивчення ряду органів і систем можливе лише в умовах штучного контрастування [105, 129, 130]. Радіологічні методи дослідження є невід’ємною складовою сучасної медичної практики та променевої діагностики невідкладних станів у мирний та воєнний час [102, 194, 217, 228, 263, 271, 290, 360, 361, 416]. Очевидна користь їх застосування суттєво перевищила радіаційний ризик. Саме тому під час вибору того чи іншого методу радіологічного дослідження доцільно брати до уваги його діагностичну інформативність у даній клінічній ситуації, а також застосовувати принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable – наскільки низько, наскільки розумно можна досягти) до всіх методів променевої візуалізації. Для деяких клінічних ситуацій не існує єдиної точки зору, що свідчить про суттєві розбіжності багатьох опублікованих наукових даних [102]. На жаль, загальний науково-технічний прогрес значно випередив економічний розвиток окремих світових регіонів, країн. Не у всіх медичних закладах України була можливість запровадити в роботу передові технології променевої діагностики [68, 128]. На сьогодні в медичних закладах України працює більше 200, з тенденцією до збільшення, цифрових скринінгових рентгенографічних систем для обстежень органів грудної порожнини, які обладнані приймачами «Альфа». Тільки в Україні на початку їх впровадження було здійснено обстеження на близько 4 млн осіб [96, 136]. Основним методом променевої діагностики травми в Україні та країнах післярадянського простору залишилася стандартна рентгенографія, хоча в деяких випадках чутливість та специфічність даного класичного методу дослідження недостатні для постановки своєчасного діагнозу [59, 66, 102, 128].

Викликом сьогодення стала збройна агресія рф. З початком збройного протистояння на сході України, яке потім переросло у повномасштабну війну, в організації медичного забезпечення сил оборони з надання медичної допомоги на ЕМЕ (РМЗ) приділяється велика увага своєчасності, з дотриманням часових показників 10–1–2 («золотої години», [15]), що було враховано у роботі параклінічних служб (рентгенологічної, ультразвукової та ін.) [93, 95, 161]. Так, перші повідомлення про український досвід променевої візуалізації ранового

каналу (РК) у стабільних поранених представили члени-кореспонденти НАМН України І. М. Дикан, І. П. Хоменко [69, 70]. Рентгенологи спільно з хірургами приймають остаточне рішення, плануючи послідовність лікування травм та поранень. Саме до відділень променевої діагностики у розвинутих європейських країнах скеровують поранених і постраждалих із зони ведення бойових дій після їх сортування [26, 64, 105, 178, 246, 341, 390]. Нині все частіше вживають термін «невідкладна радіологія», «екстрена радіологія». У даному контексті йдеться про співпрацю спеціаліста-радіолога в команді інших фахівців з травми. Наприклад, у реанімаційному відділенні лікарні, при надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часу [447]. Отже, прослідковується наявний тісний професійний зв'язок між фахівцями з променевої діагностики, екстреної медичної допомоги, медицини критичних станів та воєнною радіологією [166, 187, 236, 253]. На даний час основним традиційним методом променевої діагностики, особливо на первинних ланках, залишається традиційний рентгенологічний. Він став первинним і базовим для вирішення питань тактики подальшого діагностичного процесу у кожного конкретного хворого і без сумніву, буде таким тривалий час [127–129]. Основні питання організації, методики, техніки невідкладних рентгенологічних досліджень при БУ різних анатомо-функціональних зон (АФЗ) представлені в методичних рекомендаціях з досвіду АТО/ООС на сході України [160]. Впровадження останніми роками новітніх методів МВ при гострих захворюваннях органів черевної порожнини дало змогу підвищити якість діагностики у поранених [144]. Для потреби ЗС України у 2018 р. розроблена та введена в дію концепція застосування мобільного цифрового рентгенографічного та короткотермінового рентгеноскопічного комплексу у постраждалих із бойовою хірургічною травмою та соматичними захворюваннями з метою його використання у всіх лікувально-профілактичних установах медичної служби ЗС України як в мирний час, так і на ЕМЕ в період бойових дій. Історія події наступна: у 1998 р. у НВО «Телеоптик» виготовили перший дослідний зразок 16-камерного приймача «Альфа-плюс», який було встановлено для проведення випробувань на списаний флюорограф компанії

Trophy. У жовтні того самого року перші цифрові зображення легень отримали за допомогою цього приймача, що продемонстрували на виставці «Охорона здоров'я–1998» у Києві на стенді Асоціації радіологів України. Пропозиції АТ «Телеоптик» щодо переоснащення відділень променевої діагностики на основі впровадження в медичну практику цифрових рентгенівських технологій були підтримані спеціалістами Асоціації радіологів України, державної установи «Політехмед». Ними спільно були розроблені пропозиції щодо переоснащення рентгенівських відділень, які було включено до Комплексної програми розвитку медичної промисловості країни (звіт «ІОНА») [66, 138]. На практиці підтверджено більш як 10-кратне зниження дозового навантаження на пацієнта при скринінгових обстеженнях (флюорографіях). У 1999 р. багатоматричні приймачі «Альфа» виробництва АТ «Телеоптик» було дозволено до застосування в медичних установах України [136]. На сьогодні майже у всіх стаціонарах медичних закладів МО України функціонують цифрові рентгенодіагностичні комплекси вітчизняного та закордонного виробників [68]. Вони функціонують з 2014 року, у зв'язку з проведенням АТО/ООС на сході України на II РМЗ (військові мобільні госпіталі (ВМГ), цивільні заклади охорони здоров'я (ОЗ) зони бойових дій, стабпункти). Особливого значення набула своєчасна та вичерпна діагностика БУ черепа, грудної клітки, черевної порожнини, таза, кінцівок, візуалізація кульових та осколкових поранень з метою правильного сортування і вибору лікувальної тактики [15, 25, 30, 67, 90, 107, 171, 281]. При цьому в першому ешелоні госпітальної допомоги (II РМЗ) лікарі застосовують переважно рентгенографію, яка дозволяє діагностувати переломи кісток всіх ділянок тіла, виявляти ознаки БУ органів грудної та черевної порожнини, маркерів ушкоджень (газ, рідину), визначати локалізацію, вимірювати розмір СТВП (куль, металевих осколків), діагностувати захворювання внутрішніх органів [93, 95, 161, 315]. На початку АТО медична служба ЗС України не мала сучасного комплектно-табельного оснащення. Спеціальна медична техніка була представлена застарілими зразками випуску 50–70 рр. минулого століття, а військові стаціонарні заклади ОЗ потребували

технічного переоснащення [17, 93, 138]. У ВМГ для рентгенографії використовуються пересувні рентгенологічні апарати типу «Арман» та мобільні рентгенологічні установки на базі автомобілів. Тому при використанні цифрової рентгенографії з'явилася можливість зберігання інформації в пам'яті апарату та її копіювання з можливістю подальшої передачі на наступні ЕМЕ за допомогою CD-дисків, електронних накопичувачів інформації (USB-флеш-накопичувачів), карт пам'яті [105, 138, 191]. З метою удосконалення медичного забезпечення та підвищення спроможностей медичної служби щодо проведення лікувально-діагностичних заходів та надання медичної допомоги в польових умовах розроблено, створено відповідно до опрацьованих медико-технічних вимог та отримано кабінет рухомий хірургічний і кабінет рухомий рентгенівський на базі автомобіля КРАЗ, які допущені до експлуатації у ЗС України відповідним наказом МО України [17, 117]. Таким чином, більшість діагностичних питань «класичної» рентгенографії було вирішено, використовуючи цифрові приймачі рентгенологічних зображень [68, 105, 117, 191, 404].

1.2. Еволюція та історія застосування ультрасонографії, променеви методів для діагностики БТ, патологічних станів у поранених і травмованих

Розробка електронних і протонних прискорювачів, радіодіагностичних гамма-камер, рентгенівських комп'ютерних томографів, магнітно-резонансних томографів, лазерних, ультразвукових та інших медико-фізичних установок започаткували основні методи МВ: сонографію, ультразвукову діагностику (УЗД), магнітно-резонансну томографію (МРТ), мультidetекторну комп'ютерну томографію (МДКТ), гібридні системи тощо [71]. У 80-90 роках ХХ ст. у госпіталях була встановлена нова діагностична апаратура, що сприяло детальному та розгорнутому вивченню структури органів, виявленню на ранніх стадіях соматичних, онкологічних захворювань, травм, їх ускладнень. УЗД апаратура дала змогу візуалізувати конкременти у нирках, сечовому та жовчному міхурі тощо [2, 20, 121, 172–174]. Тому оснащення лікувальних закладів та безпосередньо військових медичних установ сучасною медичною апаратурою

і технікою (комп'ютерними та магнітно-резонансними томографами, ангіографами, іншою діагностичною апаратурою) значно підвищило якість діагностики та лікування, що привело до підвищення конкурентоспроможності у військових лікувальних закладах [20]. Сучасні методи променевої діагностики дозволили візуалізувати органи, патологічні вогнища крізь газ і кісткові структури на будь-якій глибині від поверхні шкіри. Нині широко застосовують пункційні втручання під ультразвуковим та комп'ютерно-томографічним контролем, що обумовлено високою інформативністю методів [22, 98, 140, 141, 172–174]. Висока надійність УЗД, простота та відносна безпека для хворих, поранених, травмованих, відсутність у необхідності зондування магістральних судин значно підвищило діагностику захворювань та травм внутрішніх органів, головного, спинного мозку, опорно-рухового апарату [1, 141, 175–181, 273–275]. Рациональне застосування діагностичної апаратури та підвищення професійного рівня медичних кадрів дало можливість отримувати медичне обладнання від виробника з метою навчання та практичного застосування. У НВМКЦ «ГВКГ» отримували ультразвукову діагностичну апаратуру, лабораторне оснащення, ендоскопічну техніку, офтальмологічну апаратуру, що дозволило впроваджувати передові методи діагностики та лікування поранених і травмованих [20]. Найбільшим попитом із методів МВ у фахівців різних медичних спеціальностей користується УЗД, яка базується на законах медичної акустики та має історичні віхи відкриття, застосування ультразвукових хвиль у медицині та біології [153, 172–181, 467]. Ще однією важливою особливістю даного методу є відсутність променевого навантаження на пацієнта та лікаря, доступність, інформативність та ефективність у діагностиці БУ [102]. А з того часу, як R. Dussik у 1942 р. вперше продемонстрував можливість розпізнавання жовчного каміння за допомогою ультразвукової біолокації, накопичений величезний досвід застосування методу в різних галузях діагностичної радіології [172–174]. Технологічний рівень і клінічне застосування ультрасонографії за два попередніх десятиліття значно зросло. Якщо раніше ультрасонографію застосовували виключно радіологи, то наразі УЗД використовують багато

клініцистів: акушери, гінекологи, кардіологи, серцево-судинні хірурги, урологи, травматологи, інші фахівці [56, 109, 172–174]. В Україні перший кабінет УЗД був сформований у 1985 р. у Київському військовому госпіталі, який відразу увійшов до складу клініки променевої діагностики. Із дня відкриття кабінету УЗД до сьогодні потреба в УЗД надзвичайно зросла, а спектр досліджень збільшився до широких меж [19]. В Україні впровадження в клінічну практику УЗД у постраждалих із політравмою та малоінвазивних операцій під УЗ контролем у лікуванні хворих із абсцесами печінки започаткували українські хірурги М. І. Тутченко та Е. В. Світличний [155]. У травмованих постраждалих методом вибору було УЗД печінки для виявлення післятравматичних абсцесів, їх ехоконтрольоване дренивання та контроль аспірації рідини у плевральних порожнинах [80]. Розширене застосування ультразвуку в хірургічній практиці (біопсія під ультразвуковим контролем, лапароскопічна і внутрішньопорожнинна ультрасонографія, ендоскопічна УЗД та ін.) зробили даний метод МВ настільки важливим, що практикуючі хірурги, травматологи почали оцінювати ультразвукові зображення та оволодівати технологіями для клінічного застосування [42–45, 46–53]. Вже більше 25 років наші закордонні колеги застосовують ультразвук для фокусної оцінки стану черевної порожнини, таза у постраждалих із травмою, а рідину та газ у порожнинах тіла розцінюють як маркер механічного ушкодження [172–174, 265, 410]. Цілеспрямована оцінка (FAST) наявності вільної рідини за допомогою сонографії у постраждалих із травмою у трьох порожнинах тіла (перикардальній, плевральній, черевній) рекомендована консенсусом міжнародної комісії та включена до курсу поглибленого життєзабезпечення травматизму (ATLS) [187, 360, 409, 426]. Тому думка про те, що лікарі з травми повинні володіти методикою фокусного ультразвукового обстеження FAST знайшла свою підтримку не тільки в Американській асоціації фахівців з травми (ATLS), а й інших медичних спеціалістів за межами США [265]. У 2004 р. FAST-протокол був розширений до EFAST, що передбачало оцінку рідини, газу в черевній порожнині, перикарді та грудній клітці з акцентом на пошук пневмотораксу [319]. Сфокусована оцінка

стану, діаметра нижньої порожнистої вени (НПВ, IVC) стала можливою у комбінуванні УЗД із клінічною картиною у гіпотензивних пацієнтів без анамнезу травми або у хворих перед проведенням гемодіалізу [213, 319, 326, 350]. Новий підхід для оцінки гіповолемічного шоку за допомогою УЗД із використанням індексу діаметра НПВ та черевної аорти було представлено у 2016 р. Nik Hisamuddin NA Rahman et all. [393]. Тому FAST та EFAST відіграли головну роль у сортуванні та визначенні тактики лікування, під час реанімації у постраждалих із тупою, закритою травмою живота, з нестабільною гемодинамікою, водночас як КТ використовувалася у гемодинамічно стабільних пацієнтів [219, 225, 252, 375, 371]. Проте багато практикуючих хірургів та лікарів УЗД застерігають з інтерпретацією негативного FAST-протоколу у постраждалих із множинною травмою [370]. При проникній травмі живота чутливість FAST невисока – 28,1 %, що може бути хибним результатом внутрішньочеревної кровотечі; тому першочергово застосовуються ревізія рани, діагностична лапароскопія та МДКТ [363]. FAST знайшов своє діагностичне місце на полі бою для сортування поранених, а також для направлення на лапаротомію, як повідомляють наші закордонні колеги [194, 423]. FAST та EFAST можна виконати за лічені хвилини при транспортуванні постраждалого [409], а також при здійсненні аеромедичної евакуації [355]. FAST має обмеження при виявленні ретроперитонеальної рідини та невеликої кількості внутрішньочеревної рідини. У виявленні вільної рідини, пов'язаної з I–II ступенем ушкодження печінки, чутливість FAST коливається від 55,6 % до 80 % та збільшується з тяжкістю травми [329, 384]. Багато досліджень продемонстрували діагностичні та терапевтичні переваги портативного ультразвуку у надзвичайних ситуаціях мирного часу та при реальних бойових діях [40, 140–142, 225, 240, 304, 426]. FAST, EFAST в УЗД не єдине застосування у поранених. В екстремальних умовах знайшов своє застосування ультразвук для проведення ехокардіографій у постраждалих із травмою торако-кардіальної локалізації [209, 387, 467]. Також повідомляють про візуалізацію судин в пахвинній ямці при пораненнях стегна [18, 99, 132, 348]. Наші стратегічні

партнери розглядають портативні УЗД прилади на лінії фронту як стетоскоп [291, 296]. Постійно їх використовують в догоспітальних умовах для невідкладної допомоги [320, 322, 346].

Існує багато даних про застосування ультразвуку лікарями різних професій, які цілеспрямовано використовували УЗД для підвищення точності діагностики різних патологічних станів [227, 250, 260, 376, 439]. Тому частіше сьогодні УЗД використовується в екстремальних ситуаціях, надзвичайних умовах, також під час космічних місій, а його застосування в майбутньому збільшиться [196]. Починаючи з 2001 р., було опубліковано декілька протоколів для стандартизованого використання POCUS протоколу у важкохворих пацієнтів, тобто при наданні першої медичної допомоги та малоінвазивних втручань (а Point of Care Ultrasound (POCUS) [408, 436, 465]. Тому з метою інтеграції протоколів POCUS для обстеження був запропонований новий систематизований підхід – Глобальне ультразвукове обстеження критично хворих (GUCCI), що базується на трьох синдромах (гостра дихальна недостатність, шок та зупинка серця) із застосуванням УЗД [436, 447].

УЗД грудної клітки є універсальним, точним, недорогим методом для невідкладної діагностики в лікувальних закладах та при транспортуванні у пацієнтів з пневмотораксом, набряком легень, кардіогенним чи некардіогенним шоком, плевральним випотом, пневмонією [40, 178, 181, 243, 448, 453, 458]. Також ультразвукова навігація забезпечила контроль проведення пункційних втручань у важких пацієнтів [31, 98, 362]. Незалежно від того, у якому стані перебуває постраждалий, УЗД в об'ємі протоколу GUCCI корисний у діагностиці та лікуванні, моніторингу клінічного прогресування, що інтегрує в собі серцеву, легеневу, судинну, черевну УЗД [436]. Дані літератури підтверджують використання ультразвуку в медицині катастроф для сортування постраждалих із застосуванням *point of care*. Дослідження демонструють спроможність застосовувати ультразвук в екстремальних умовах в режимі реального часу, з метою швидкого відновлювального лікування [272, 352]. Травми грудної клітки становлять чверть причин смертності в екстремальних

умовах [56]. Тому візуалізація грудної клітки є важливою при лікуванні важкохворих пацієнтів, що також застосовується для оцінки травматичних, нетравматичних змін органів та кісткових структур грудної клітки [249, 250]. Технології розширених протоколів EFAST включають оцінку плеври, легень, перикарда, що дозволяє діагностувати травми грудної стінки, включаючи м'язові ушкодження, гематоми, переломи кісток та їх ускладнення [264, 311, 334, 397, 460]. УЗД в екстремальних умовах (у пустелі, у горах) мала перевагу в діагностиці пневмонії, набряку легень, накопичення рідини, навіть субклінічних випадків без рентгенологічного дослідження, або його негативного результату [178, 243, 246, 250]. У реанімаційних відділеннях та для інтервенційних втручань (перикардіоцентез, плевральні пункції, позиціонування катетерів, крикотиреоїдотомія, інші втручання), оцінка положення ендотрахеальної трубки – це переваги застосування ультразвукової локації анатомічних та додаткових структур [250, 259, 260]. Для невідкладної допомоги військовим у війнах в Іраку, Афганістані та Перській затоці успішно використовували портативні ультразвукові прилади, що відіграло ключову роль в діагностиці травм і поранень [103, 367, 399]. Тактичне УЗД застосовується для діагностування або виключення гемотораксу, випоту в перикарді, переломів, розриву діафрагми та пневмотораксу, а також у навігації судинного доступу [32, 40, 52–54, 183, 316, 363, 388, 424]. На сьогодні ультразвук використовують для моніторингу фізіологічних змін, вивчення серцево-судинної системи: камер серця, волнометрії, систолічної функції шлуночків під час перебування у космосі [330]. У хірургічній, клінічній практиці ультразвук застосовують для ультрасонографічного системного контролю при гнійно-некротичних ушкодженнях аноректальної та уrogenітальної зони для покращення результатів лікування. Інтраопераційне застосування ультразвуку дозволило атравматично і адекватно дрениувати тазові простори при гнійно-некротичних ушкодженнях [81]. Застосування ультразвукової навігації дозволило на 18,7 % підвищити частоту визначення і видалення СТВП – куль, осколків при первинній хірургічній обробці рани і на 5,7 % обмежити повторні втручання. Перевагою методу була:

мобільність, відсутність променевого навантаження, висока інформативність при структурних порушеннях м'яких тканин, верифікація СТВП, їх виявлення та видалення в режимі реального часу [140, 141]. Продемонстрували застосування УЗД українські військові хірурги, виконавши пункцію і дренування внутрішньопечінкових абсцесів під УЗ-навігацією [81]. УЗД дозволило визначати ступінь ушкодження печінки, локалізацію СТВП та безпечно їх видалити. Тому застосування малоінвазивних методик у хірургічному лікуванні вогнепальних ушкоджень печінки дозволило покращити результати і уникнути необґрунтованих лапаротомій [31, 159]. Також показані кращі результати лікування пацієнтів із гострим некротичним панкреатитом при застосуванні малоінвазивних втручань та пункцій під контролем ультразвуку порівняно із традиційним «відкритим» лікуванням [170]. Українські військові хірурги визначили, що основними причинами смерті на II РМЗ у 72,9 % випадків були крововтрата і шок. З огляду на це, набувають значення УСГ за FAST-протоколом для доопераційної діагностики у важких та вкрай важких постраждалих із торакоабдомінальними пораненнями. Диференційована тактика залежно від тяжкості травми в поєднанні із використанням FAST-протоколу дала змогу зменшити кількість діагностичних помилок на 19,1 % [10, 11, 77, 78, 163, 363]. Також, крім встановлених переваг застосування ендовідеохірургічних технологій у лікуванні БТ живота, українські хірурги визнають ефективність інтервенційної сонографії в лікуванні її ускладнень [98, 142]. Робота військових хірургів у бойових умовах тісно пов'язана з діяльністю діагностичної служби. Повідомлення про ефективне застосування портативної ультразвукової апаратури для невідкладної допомоги та сортування поранених, травмованих в умовах АТО/ООС представлено українськими військовими лікарями [31, 98, 141, 297, 274–277]. УЗД дозволило приймати адекватні рішення для медичної евакуації (MEDEVAC) поранених і травмованих поблизу лінії фронту, тому іноді розглядається як «стетоскоп» XXI ст. [239, 291, 296, 327]. Під час первинної оцінки за допомогою FAST приліжкова екстрена УЗД застосовується для діагностики розриву діафрагми при тупій травмі живота. Також відзначена

діагностична перевага застосування УЗД при закритій травмі живота, з ушкодженням діафрагми перед рентгенологічним дослідженням, тому що обстеження травмованих проводиться лежачи. Хоча УЗД не дало повну візуалізацію зображення діафрагми, але показало відсутність, або аномальний її рух [192]. Тому УЗД на місці лікування з'явилося як спосіб покращити клінічну оцінку біля ліжка хворого [395]. УЗД на місці визначено як найбільш швидко зростаючий сектор медичної ультразвукової візуалізації [379, 419]. На сьогодні УЗД на місці набуло широкого застосування при супутніх захворюваннях, випадках невідкладної допомоги в післяопераційному періоді, а також інтенсивної терапії, реанімації [348, 379, 390]. Анестезіологи запропонували додаткові протоколи, покроковий огляд того, як обстежувати серцево-судинну систему біля ліжка хворого із застосуванням УЗД [447, 465]. УЗД продемонструвало перевагу порівняно з рентгенографією грудної клітки в діагностиці плеврального випоту та пневмотораксу, інтерстиціального альвеолярного синдрому [141]. УЗД допомагає відрізнити стани легеневої реактивності (астма, обструктивні захворювання легень) від захворювань легеневої паренхіми (набряк легень, ателектаз, пневмонія), а також виявляти емболії легеневої артерії [186, 212, 339, 417]. Невідкладна фокусна оцінка за допомогою сонографії для обстеження у травмованих із відліком майже у чверть ст. стала найбільш перевіреною для оцінки вільної рідини в перикарді, черевній порожнині, тазові [291]. УЗД продемонструвала користь діагностики інтраабдомінальної екстравазації рідини після артроскопії кульшового суглоба [289]. Також інтегровано в цілеспрямовану оцінку шляхом сонографії травми та її ускладнень безпосередньо БУ сечостатевої системи, внутрішніх органів та судин у постраждалих внаслідок бойових дій в Україні [3, 18, 99, 141, 373, 402]. УЗД широко застосовують в анестезіології та реаніматології для сонографічного контролю, що збільшило частоту успішності регіонарних блокад, катетеризації судин та знизило кількість ускладнень при інвазивних маніпуляціях [22, 57, 58, 203, 417]. Фахівцями різних спеціальностей доведено клінічне застосування УЗД опорно-рухового апарату, м'яких тканин, оцінки стану очного яблука,

соноанатомії вен, артерій кінцівок, голови, черевної аорти, її гілок, вен черевної порожнини, її гілок, інших судин як для методики катетеризації під контролем ультразвуку, так і для діагностики кількісних та якісних параметрів гемодинаміки, ангіоархітектоніки внутрішніх органів [18, 185, 256, 371, 377, 407]. Також у компетенції ультразвукової навігації діагностика ушкоджень периферичних нервів, безпосередньо внаслідок БТ та для місцевої регіонарної анестезії, обстеження при застосуванні анестетиків та катетерної техніки [1, 3, 176, 177, 198, 203, 222, 293, 298]. Останнім часом стають все більш доступними різні зони ехолокації людини, що зосереджуються на різних клінічних задачах та оцінках стану внутрішніх органів [39, 46, 47, 52, 55, 62]. Крім того, ультразвук застосовують і у ветеринарній медицині та інших галузях.

Зарубіжні колеги наголошують, що в цивільній екстреній медицині, а за потребою і у бойових умовах, виникає необхідність у підготовці медичних кадрів, набуття ними рівнів компетенції щодо застосування ультразвуку для діагностики поранень, травм, гострих хірургічних захворювань [209, 268, 336, 451]. Тому потрібно визнати необхідність навчання лікарів різних спеціальностей як шляхом самопідготовки, так і з використанням освітніх вітчизняних та закордонних онлайн-ресурсів, навчальних програм для опанування виконання різних методик УЗД [196, 446, 462]. Найважливішим аспектом ролі лікаря будь-якої спеціальності є діагностична можливість та доступність візуалізуючої апаратури. Протокольним рішенням за результатами наради в Адміністрації Президента України, щодо покращення стану медичного забезпечення у регіонах під час проведення у східних областях АТО від 12.09.2014 року №03/1-1293, було посилення контролю за повнотою та якістю проведення медичних оглядів. Це в свою чергу змусило керівництво медичних закладів закупити сучасні цифрові рентгенівські прилади для проведення флюорографій кандидатам на військову службу (службу в правоохоронних органах держави). За сприяння волонтерів були закуплені портативні УЗД прилади та розміщені в лікувальних закладах прифронтових районів, передова хірургічна група (ПХГ), ВМГ, ВМКЦ. Задля удосконалення змісту навчального

процесу в УВМА створена навчальна медична рота, впроваджено в практику стандарт підготовки ВС із тактичної медицини професором, д. м. н. М. І. Бадюком [7, 8, 151].

Значення сірошкального УЗД зміцнилося, завдячуючи інноваційним технологіям, методикам: тканинного та енергетичного доплера, картування, візуалізації еластичності тканин тіла, інших сучасних технологій [32, 37, 164, 193, 201, 215, 275]. Так перше мультиметричне базове застосування зсувнохвильової еластометрії було аж у кінці 90-х років минулого ст. [261, 407]. На сьогодні зсувнохвильова ультразвукова еластографія входить у стандарти променевої діагностики широкого спектра захворювань та патологічних станів [201, 202, 215, 407]. Згідно з рекомендаціями Європейської федерації УЗД в медицині та біології (EFSUMB) еластографія відображає біомеханічні пружні властивості тканин, а фізичною основою є модуль пружності, модуль Юнга (E, кПа), або модуль зсуву пружності (G, кПа) [233]. Найбільш придатним та адаптованим для відображення кольорової еластограми, що накладається на сірошкальне зображення дослідної зони, є еластометрія, яка видає числові значення (м/с або кПа). Також ультразвукова еластографія печінки, селезінки, паренхіматозних органів застосовується в якості додаткового неінвазивного методу оцінки різних захворювань та патологічних станів [215, 233, 300, 441]. Корисною методикою дослідження із застосуванням неінвазивної методики поглинання ультразвукового сигналу для визначення вмісту жиру в гепатоцитах є стеатометрія. Методика застосовується одночасно із проведенням еластометрії печінки. Порогові значення для різних стадій фіброзу із застосуванням методики стеатометрії представлені в роботі G. Ferraioli, I. B. S. Soares Monteiro [251]. Дослідження різних захворювань, що супроводжуються спленомегалією, внаслідок патофізіологічних змін, із застосування еластометрії описані в роботах наших зарубіжних колег [193]. Також, згідно з рекомендаціями EFSUMB, еластографію можна застосовувати для дослідження ниркового трансплантата [233]. А застосування ендоскопічної еластографії підшлункової залози

в клінічній практиці для якісної оцінки SWE із запропонованими візуальними шкалами належить M. Giovannini [266].

Всі візуалізуючі системи, технології МВ у клінічному застосуванні створені для покращення роботи медичних фахівців, для об'єктивізації клінічної оцінки пораненого, травмованого та передбачають різні методики, протоколи для досягнення діагностичної мети.

1.3. Трансформація зброї сучасних воєн, досвід застосування медичної візуалізації, із пошуком ефективного та інформативного методу діагностики бойових ушкоджень

Вогнепальні поранення на полі бою у сучасних конфліктах останнього півстоліття – від корейської війни до конфліктів в Іраку, Афганістані, Сомалі – переважно спричинені вибуховою зброєю, на відміну від стрілецької зброї [211, 305, 327, 378, 389, 434]. В останні роки, з поширенням громадянських конфліктів в Іраку, Сирії, Північній Африці та безпосередньо в Україні, повідомляється про БТ, спричинену вогнепальною стрілецькою зброєю [335, 382]. Достовірних публікацій про частку БТ у збройному конфлікті в Україні, Близькому Сході, Африці, що спричинені вогнепальною чи вибуховою зброєю, немає [382]. Проте переважна більшість БУ виникають в результаті щільного ворожого вогню, що унеможлиблює ідентифікацію характеру системи зброї. Подібні дані повідомлялися про БУ у польських солдат із Афганської місії в результаті вибухів та застосованої високоенергетичної стрілецької зброї [461]. Також у цій публікації повідомлялося про 12,9 % випадків невогнепальних травм у польських солдат [461]. Травма є основною причиною смерті дорослого населення у США у віці до 45 років [353]. Приблизно 20 % смертей внаслідок травм можливо запобігти. Заходи та рекомендації із передового досвіду про ВС, які отримали бойові та небойові травми, публікуються у звітах наших стратегічних партнерів [231, 307, 308, 366]. Аналіз звітів санітарних втрат, травмування за період АТО/ООС представлені в монографіях українських військових хірургів [93, 95, 161].

Майже 200 тис. військових та 30 тис. цивільних отримали травми з початку вторгнення РФ в Україну [221, 245, 262], а тих хто вижив спрямували майже до 20 європейських країн на лікування [302]. Найбільші втрати у війні понесли ЗС України, де безповоротні втрати склали більше 3-х тис. осіб, а санітарні – понад 12 тис. постраждалих [93, 161], але на сьогодні цифра втрат остаточно не затверджена. Наявність на озброєнні сучасних армій різноманітних засобів збройної боротьби, збільшення їх можливостей обумовлюють складний, високоманевровий та винищувальний характер бойових дій [4, 14, 39, 143]. З метою переваги в озброєнні та військовій техніці у РФ розробляються зразки нового покоління з принципово новими можливостями вогневого ураження і управління [85, 464]. Тому сучасна БТ різноманітна і включає вогнепальні й невогнепальні травми та ураження різними видами зброї [28, 39, 79, 103]. Вибухові травми (ВТ) залишаються основною причиною смерті та травмування, опіків або поєднання вибуху, балістичного і теплового впливу [325]. Вибухова контактна дія вибухонебезпечного боєприпаса, крім опіків, спричиняє травматичні відчленування кінцівок, що відповідає вибуховому пораненню (ВП). Характеризуються ВТ та ВП наявністю множинних проникаючих ран, а ВТ притаманне виникнення первинних, вторинних, третинних, четвертинних травм [325, 385, 388]. Більшість постраждалих, що зазнають 80–90 % опікових комбінованих травм, гинуть. Вибухові хвилі руйнують живі тканини багатофакторним впливом, із основним механізмом перепаду тиску [385]. Первинні ВТ – це вибухова травма легені, коли альвеоли заповнюються рідиною, а також ВТ головного мозку, різного ступеня тяжкості, але частіше легкого перебігу, з клінікою акубаротравми [211, 330]. Вторинні ВТ голови, шиї, грудної клітки мають високу смертність. Також при вторинних ВТ можуть виникати відчленування сегментів кінцівок, важкі та екстремальні руйнування тканин. Третинні ВТ виникають внаслідок метальної дії, з механізмом смертельних закритих травм живої сили [342]. Четвертинні травми спричиняються тепловими ефектами вибуху та іншими факторами зовнішнього середовища. Вони викликають опіки, інгаляційні травми, загострення хронічних захворювань [323–

325]. Вогнепальні поранення (ВогнП, кульові, осколкові), питома вага яких у сучасних воєнних конфліктах становить 63,2–73,1 % санітарних втрат хірургічного профілю, були і залишаються однією з важливих проблем [26, 238, 257]. Наші стратегічні партнери проводили великі епідеміологічні дослідження та визначили, що розповсюдженим типом поранення на полі бою у сучасних війнах були ВП та ВТ, спричинені фрагментами вибухового пристрою, які за кількістю та локалізацією бувають множинні та поєднані, тому вони клінічно найбільш тяжкі та діагностично складні [184, 238, 253, 274, 362, 386]. Рентгенологічна оцінка БТ залишається важливою складовою допомоги постраждалим у конфліктах ХХ та ХХІ ст.. З того часу як фізик Аллан Кормак та інженер Годфрі Хаунсфільд у 1971 р. створили перший комерційний апарат комп'ютерної томографії, КТ-сканери надали лікарям можливість візуалізувати ушкодження органів на роздільній здатності в півміліметрових зрізах, змінивши безпосередньо способи візуальної оцінки вогнепальної рани [172, 295, 301, 354]. Досвід застосування КТ був накопичений під час війни в Лівані та Афганістані у 1982 р. [272, 383]. Роль радіології розширилася – з характеристики переломів та локалізації СТВП – до визначення ступеня БУ органів [197, 349, 383]. Досвід рентгенологічних результатів досліджень травмованих і поранених було зібрано у лікарні НАТО, діагностичний підрозділ якої розгортався в Кандагарі, Афганістані [208, 257, 383, 411]. Час евакуації з поля бою до госпіталю коливався від хвилини до кількох годин, а тактична медицина дотримувалася вимог ATLS [188]. Солдати НАТО та коаліції були забезпечені балістичними шоломами, обладунками для захисту голови, тулуба, тому більшість мали БТ кінцівок [383, 387]. У афганських солдатів, поліції, цивільного населення доступу до ЗІЗ не було, що призвело до більшої кількості поранень тулуба та голови [372, 401]. Рани голови, тулуба, що були спричинені сучасною штурмовою зброєю (АК-74, або М-16), були смертельними, на відміну від спричинених осколками низької швидкості [257, 444]. Ці факти, в поєднанні з високим рівнем надання хірургічної допомоги, передбачали ймовірність виживання [354, 383]. Дані, отримані з війни в Афганістані та Іраку, підтверджують, що БУ внаслідок вибухів переважають

над кульовими, осколковими. Так, в Афганістані та Іраку 25 тис. американських та коаліційних сил, 100 тис. іракців були поранені або вбиті вибуховими пристроями [212]. Національний центр протидії тероризму повідомив, що війна в Іраку стимулювала та націлила терористів, смертників на використання вибухових пристроїв та бомб-самогубців [235, 247, 387]. Лабораторні дослідження біофізики вибуху підкреслили ушкоджуючу дію осколків, які супроводжують майже кожний вибух [214, 229, 234]. Безпосередня близькість (10–20 м) до вибуху призводить до смерті внаслідок осколкової БТ, тому осколкові поранення домінують [234, 235, 241, 324]. Безпосередня смерть від легеневої баротравми (вибухової легені) настає у закритому приміщенні частіше, ніж при вибухах під відкритим небом, на місцевості [234]. 95 % усіх вибухів в Іраку та Афганістані були на відкритій місцевості, а більшість поранень та смертей були від фрагментів боєприпасів, осколків [28, 212, 247]. Як для військових, так і для терористичних цілей розробляються зразки зброї, для збільшення радіуса та площі ушкодження вибуховою речовиною, вмістом та корпусом вибухівки. А домінуючий механізм поранення від стрілецької зброї завжди був результатом проникнення бойової кулі [212, 255]. Вибухонебезпечна зброя складається з матеріалів, які застосовуються для виготовлення артилерійських, мінометних боєприпасів, інших матеріалів [294, 440]. У 2008 р. А. Ramasamy et al. [394] класифікували вибухонебезпечні пристрої та описали результат дії вибухової хвилі ззовні транспортного засобу. Так, імпульс, що надається транспортному засобу, викликаний прискоренням, переміщує як транспорт, так і пасажирів, що спричиняє тупі травми. З бази даних реєстру травм учасників бойових дій в Іраку та Афганістані відомо, що більшість черепно-мозкових травм (ЧМТ) на полі бою були пов'язані з вибухами, які класифікуються у 97 % як струс мозку та мали зв'язок із післятравматичними стресовими розладами [200, 244, 292, 414]. Частота первинних ВТ становила 12,2 %, з них 75 % – розриви барабанної перетинки [394], а клінічними симптомами були порушення свідомості, головний біль, запаморочення, нудота, блювота, контузії, субдуральні гематоми, інші неврологічні порушення [65, 325,

435]. Забронева травма живота спричиняє внутрішньоочеревинний крововилив та перфорацію органів черевної порожнини, а частіше ушкоджується кишківник (48 %), селезінка (21 %), нирки (21,5 %) та печінка (15,3 %) [325]. Клінічні прояви включають абдомінальний біль, тенезми, біль у яєчках, ректальну кровотечу, нудоту, блювоту, що потребувало накладання первинного анастомозу у більшості постраждалих [278, 415]. При ВП, ВТ спостерігався високий рівень травматизму кінцівок. Більшість травм спричинені вторинними ефектами та пов'язані із важким руйнуванням м'яких тканин та кісток кінцівок [314, 450]. Найбільш загрозливим для життя постраждалого був синдром розчавлення, тривалого стиснення, коли скелетні м'язи під дією тиску звільняють міоглобін, урати, фосфати, калій з клітин, що викликає ГПН і зрештою зупинку серця [323, 325]. Також причиною ГПН у постраждалих може бути турнікетний синдром, у разі тривалого та неконтрольованого накладання турнікетів на кінцівки. Вибухова зброя, що уражає різними механізмами дії з ушкодженням множинних ділянок тіла, спричиняє вогнепальну травму, яка варіює від струсу мозку та незначних розривів до травматичних ампутацій, відчленувань кінцівок або їх сегментів, від синдрому розчавлення до очних травм та смерті від сліпого або проникного поранення [210, 212]. Таким чином, хоча термін «вибухова травма» отримав визнання як загальний опис поранень від вибухів, використання його маскує той факт, що більшість травм, спричинених переважно проникаючими фрагментами вибухових пристроїв та контактною (бризантною) дією вибухових боєприпасів, а не вибуховою хвилею, або надлишковим тиском [212, 297, 401]. Тому наші стратегічні партнери приділяють велику увагу ЗІЗ, які призначені для зменшення ризику проникних БТ для учасників бойових дій. З часів минулих війн, збройних конфліктів ЗІЗ зазнали значних удосконалень [207, 212, 307, 383]. Ефективність їх удосконалення чітко продемонструвала зміну розподілу травми у сучасних збройних конфліктах із зменшенням летальних випадків від БТ грудної клітки, та збільшення числа тих, хто вижив із осколковими пораненнями кінцівок та краніо-фаціальної БТ [212, 378, 392]. Проте струс головного мозку діагностували при застосуванні захисних шоломів [212, 236]. У структурі

поранень зі смертельними наслідками більш тяжкими вважалися БТ голови та грудної клітки, які часто були ізольованими [182, 307].

У війнах в Кореї та В'єтнамі артилерія та важке озброєння майже не застосовувалося. Більшість поранень у В'єтнамі було внаслідок кулеметного вогню, ураження мінами, мінними пастками, тому зростала частота БТ кінцівок [267, 286]. Наукові джерела свідчать про наукові та практичні напрямки досліджень з вивчення балістичних та анамнестичних даних, впровадження медичних та немедичних втручань у постраждалих, удосконалення заходів надання травматологічної допомоги пораненим і травмованим для потенційного рівня підвищення їх виживання [290, 380, 456]. Тому багато сучасних досліджень направлені на аналіз БТ різної локалізації, вивчення структури поранень, створення загальної анатомічної моделі БУ голови, кінцівок, живота, грудної клітки. Визначення факторів ризику летальних випадків та прогнозу виживання традиційно виходить з експертного висновку, тяжкості фізіологічного ушкодження та/або анатомічного ушкодження [308, 328]. Клінічна оцінка померлих травмованих доповнювалася «статистичним підходом», шкальною бальною оцінкою та мала широкі розбіжності в прогнозі виживання, тому була розкритикована [243, 294, 308, 328, 413, 454]. На цій підставі був зроблений висновок, що «статистичний підхід», із застосуванням різних шкал тяжкості ушкоджень, стану травмованого може бути діагностичним фільтром із типовими подібними травмами, більшість з яких не відповідали визначеному пошуку [309]. Тому вивчення характеру БТ, наслідків від БУ та факторів ризику летальних випадків вимагало багатофакторного підходу [307, 309]. Оскільки більше третини смертельних випадків ($n=1515$; 35 %) постраждалі мали одне або декілька поранень, тому були віднесені до критичних та важких груп по тяжкості травм голови, шиї, хребта, грудної клітки, живота, кінцівок та мали політравматичні ушкодження. Дослідники звернули увагу на пошук інструментів для розуміння анатомічних закономірностей БУ серед популяцій загиблих та тих, хто вижив [307]. Також вони звернули увагу на вивчення різних механізмів БУ, які впливають на подальші патофізіологічні розлади у поранених

[175, 189, 232]. З іншого боку, вогнепальні механізми поранень мають свої особливості, до яких відносяться балістичні властивості, патофізіологічні зміни та наслідки, спричинені різними системами зброї та боєприпасів [307, 397]. Результати досліджень Ізраїльського національного реєстру щодо понад 1 тис. поранень внаслідок ВТ та ВП було порівняно із пораненнями від стрілецької зброї [333]. Отримані дані свідчили, що ушкодження від вибухової зброї включали три та більше анатомічних ділянок тіла, тому постраждалі з БТ були віднесені до категорії критичних (тобто $ISS \geq 25$) [307]. Викладені вище факти, в поєднанні з високим рівнем хірургічної та травматологічної допомоги [307, 320] у наших стратегічних партнерів, а також досвід попередніх воєн спонукав до вивчення та визначення ролі візуалізуючих методів у діагностиці БТ. Роль візуалізації в діагностиці та контролю БТ постійно еволюціонує. Протоколи візуалізації БТ представлені рандомізованими контрольованими дослідженнями з бойового досвіду із Близького Сходу, Іраку та Афганістану [253, 328, 345, 347]. Серед максимально ефективного переліку ресурсів візуалізації зі швидкою пропускною здатністю як у Першій світовій війні, так і у війнах сучасності, залишився рентгенологічний метод діагностики. Будь-якого рівня лікарня оснащена рентгенологічним апаратом для невідкладної променевої допомоги. А для гемодинамічно нестабільних пацієнтів може бути єдиним радіологічним обстеженням перед оперативним втручанням [253, 307, 351, 386]. Яскравим прикладом застосування візуалізуючих методів було впровадження неоперативного контролю проникних поранень тулуба на війні [92]. Історично склалося, що будь-яка проникна БТ грудної клітки, черевної порожнини [421] досліджувалася інтраопераційно. Проте сучасні КТ сканери – МДКТ надали хірургам можливість безпечно, без хірургічних втручань, спостерігати за стабільними пацієнтами [199, 383]. Крім цього, успішно застосовується МДКТ без рентгенографії грудної клітки для діагностики проникних травм, які включають ушкодження підключичної артерії, великих судин шиї, грудну клітку, верхні кінцівки, що мінімізує артефакти та прискорює, а іноді скорочує діагностичний період [200, 207, 389, 438]. У поранених в голову та шию для

невідкладної діагностики проводиться нативна МДКТ голови та шиї. Також із приводу травми кісток таза та органів малого таза застосовують МДКТ [302, 338, 383]. Рентгенівська комп'ютерна томографія – найбільш інформативний променевий метод, проте іноді обмежується тривалістю або нестабільною гемодинамікою постраждалого [237]. Оцінка результатів рентгенологічних досліджень, що включали МДКТ та рентгенографію грудної клітки, була проведена у постраждалих внаслідок закритої травми грудної клітки та ВТ тіла (операції «Незламна свобода» та «Іракська свобода») [200, 208]. БТ грудної клітки, за їх даними [338], сприяла захворюваності та смертності в учасників операцій «Незламна свобода» та «Іракська свобода». Найчастішими БУ були ураження легень та легеневих судин, а також груднино-реберного каркаса, ізольовано ребер, ушкодження грудних судин. Розриви легень були пов'язані з найвищою смертністю [313]. Переломи ребер були поширеними БТ в учасників іракської кампанії [338]. У постраждалих при більш ніж трьох переломах ребер були вісцеральні травми [340, 344, 358]. На рентгенограмах грудної клітки діагностували напружений пневмоторакс, великий гемоторакс, похибки встановлених дренажів, СТНВП медичного призначення [192, 238, 252]. Важливим компонентом оцінки травматичної візуалізації грудної клітки в європейських країнах є МДКТ, як доступний спосіб хірургічної допомоги на всіх рівнях [91, 302, 338]. МДКТ значно чутливіша, ніж рентгенографія, при виявленні флотації грудної клітки, що часто супроводжується забоем та розривом легень, пневмотораксом, гемотораксом [178, 310]. У рандомізованому дослідженні показано перевагу застосування МДКТ грудної клітки над рентгенографією у постраждалих із утрудненою вентиляцією, розвитком ателектазів та пневмонією [279, 421]. Також доведена ефективність МДКТ в діагностиці гострого респіраторного дистрес-синдрому, консолідації, субплевральних ущільнень [374] та інфаркту легень, діагностування аспірації СТНВП (природного походження) та порушення прохідності дихальних шляхів [387]. Оскільки ВТЛ має складний механізм, тому первинна вибухова легеня заслуговує на особливу увагу клініцистів, а вторинні та третинні травми грудної

клітки відповідно проникні та непроникні потребують дослідження із застосуванням МДКТ [338]. Розриви легень, ускладнення (абцеси, бронхо-легеневі нориці, тромбоемболія легеневої артерії (ТЕЛА) потребують діагностики із застосуванням контрастної МДКТ [405]. Симптоми ВТЛ включають пневмоторакс, гемоторакс, підшкірну емфізему, травми трахеї, пневмомедіастинум [182, 287]. Крім цього, рентгенолог повинен дати відповідь про локалізацію, розмір та щільність СТВП (осколки, кулі, інше) та СТНВП (кісткові уламки, інше) [338]. МДКТ грудної клітки може бути виправдана, якщо є поєднана БТ або дихальна недостатність, незважаючи на відсутність змін грудної клітки при рентгенографічному дослідженні [187, 413]. МДКТ – це спосіб вибору для ідентифікації патологічних змін, спричинених ВТЛ (внутрішньоальвеолярні кровотечі, травматичне пневмоцеле) [422]. Рентгенологічні дані у постраждалих, що пов'язані з вибуховою травмою, пораненнями різної локалізації, направлені на сортування та контроль їх стану [232]. Первинні ВТ включають ушкодження органа слуху, легеневої та шлунково-кишкової системи [214]. Вторинні ВТ виникають у разі ушкодження фрагментами вибухівки або кістковими уламками великої грудної протоки, судин грудної порожнини, що призводить до кровотечі, крововиливів у порожнини тіла та може спричинити осколкову або уламкову емболізацію. Тому КТ-ангіографія, МДКТ з контрастуванням є «золотим стандартом» ідентифікації ембола, ушкодження судин [302, 338, 381, 412]. МДКТ мала вищу чутливість та специфічність, ніж рентгенографія, у постраждалих із ВТ [310]. МДКТ успішно застосовується для верифікації кулі та визначення її траєкторії в тілі у гемодинамічно стабільних постраждалих. МДКТ найбільш корисна у випадках сліпих поранень без вхідних отворів або з нетиповими вхідними, вихідними отворами, як подано в статті S. Ministrini et al. [357]. У разі вогнепального поранення черевної порожнини, оперативне втручання було виправданим, тому що БК ймовірно спричинила перфорацію внутрішніх органів. Так, на відміну від БУ кісток, ушкодження внутрішніх органів характеризуються гемоперитонеумом, який легко діагностувати на МДКТ, проте перфорація

розпізналася не відразу, тому що повітря повільно поступало у черевну порожнину або інші порожнини тіла [357]. Деякі автори для уникнення зайвих лапаротомій наголошують на серійних, повторних МДКТ, у випадку, коли перша КТ була негативною, а постраждалий гемодинамічно стабільний [357]. Висвітлюється роль лапароскопій в оперативному лікуванні поранень живота, особливо при відсутності клінічних ознак перфорації [275, 301, 370]. У науковій літературі зустрічаються повідомлення про не виявлення вхідного отвору через трансанальний постріл [357], а також рідкісні випадки кульової емболії шлунково-кишкового тракту, серцево-легеневої системи [158, 283, 323, 406]. Повідомлялося про проблеми з інтерпретацією та реконструкцією траєкторії БК [269]. У багатьох випадках розуміння локалізації вхідного отвору та напрямку руху БК можуть допомогти клініцисту розпізнати тяжкі БУ внутрішніх органів [357]. S. R. Куу повідомляє про невиявлені травми сечовивідних шляхів внаслідок сліпого кульового поранення сідниці. Автор підкреслює важливість МДКТ для візуальної оцінки траєкторії кулі [254, 314]. МДКТ дозволила діагностувати травми кишківника без клінічних ознак його ушкодження, ще до початку розвитку перитоніту [357]. Цілеспрямована оцінка за допомогою сонографії для діагностики травми (FAST), що виконує сонолог або рентгенолог, лікарі швидкої допомоги, хірурги у постраждалих із травмою різної локалізації, розглядається як продовження та доповнення до фізикального, клінічного обстеження [383]. Візуальна оцінка FAST доведена для ефективної неінвазивної діагностики тупої травми живота; її роль у проникній травмі обговорюється [399, 424]. У гемодинамічно стабільних пацієнтів МДКТ визнана для діагностики як закритої, так і проникної травми живота [425]. Але FAST був визнаним та пріоритетним у гемодинамічно нестабільних постраждалих перед невідкладними оперативними втручаннями та реанімаційними заходами [396]. УЗД використовували для ідентифікації БК у тілі постраждалого, але діагностика обмежувалася можливими доступами та локалізацією кулі при ендоваскулярній балонній оклюзії аорти [190, 396]. Для післяопераційних постраждалих із АЗФ, накладеними пов'язки, інше МДКТ була пріоритетною у діагностиці проникних

травм голови, шиї, грудей, черевної порожнини, таза [424, 427]. Враховуючи, що проникні БТ можуть бути одночасно спричинені як стрілецькою зброєю, так і вибуховими пристроями, тому постраждалих із бойовою політравмою сканують від голови до таза [424, 425]. Наші стратегічні партнери для МДКТ учасників бойових дій, що лікувалися на півдні Афганістану, застосовували безконтрастну КТ голови, спинного мозку, КТ ангіографію грудної клітки, черевної порожнини, таза з контрастуванням у портальну венозну фазу та відтерміновану урографію [383, 424]. На рентгенограмах та томограмах в учасників візуалізували металеві кулі, компоненти вибухових пристроїв (кульові підшипники, осколки, металобрухт), а також гравій, фрагменти будівельних матеріалів та навіть частини тіла від іншої сусідньої жертви (тварини або людини) [267, 383, 424]. МДКТ застосовували у постраждалих при вибухах у броневих автомобілях. Термічна травма, що часто спостерігалася після вибухів та супроводжувалася опіками різної локалізації, краще оцінювалася клінічно, ніж на рентгенограмах або МДКТ [234, 383]. За даними E. R. Peramaki [383], на томограмах виявлялося потовщення слизової оболонки обпечених органів. Також повідомляється, що БК для штурмової зброї добре верифікуються та вимірюються на МДКТ від калібру 5,56 мм для стандартної піхотної зброї НАТО до 7,62 мм для кулеметів та снайперських гвинтівок. Тому через попадання БК, хвилею тиску та кавітацією поранення судин та голови часто смертельні. Фрагментація БК в тілі залежить від конструкції, а ступінь руйнації вищий при ураженні кісткової тканини [232, 237]. Тому рентгенолог повинен проводити ретельний огляд всіх зображених тканин у різних площинах, програмах сканування та співпрацювати з клініцистами, тому що часто шлях траєкторії БК непередбачуваний [383]. Також балістичний шлях кулі у РК вогнепальної рани на основі МДКТ вивчав американський радіолог, який брав участь у бойових діях на території Іраку, – Les Folio. У своїй статті він описав модельний експеримент на балістичних фантомах. Результати дослідження продемонстрували доцільність та ефективність ідентифікації незміненої балістичної траси ВР, а також точність визначення кута траєкторії в моделях із

застосуванням МДКТ. У його моделях кути ранових шляхів тісно корелювали із фактичними кутами, що вимірювали на фантомах. Також у моделях для вимірювання кута ідеально відповідала коронарна площа сканування. Тому аналіз траєкторії на основі МДКТ покращив передопераційну інформацію для хірургів [254]. У наближенні до потенційного клінічного значення візуалізуючих методів діагностики БТ можна зробити висновок про велику кількість індивідуальних та часто унікальних анатомічних БУ та неможливість пов'язати їх у конкретні анатомічні балістичні моделі для покращення медичних втручань або швидкого хірургічного лікування у постраждалих. Багато авторів визначають велику мінливість та неспецифічність БТ, що не вкладається в описання межі шаблонів [253, 307]. Так, Jud C. Janak et al. зробили висновок про мінливість БТ між ділянками тіла, механізмами травмування, летальними випадками. Також вони відмітили незліченну кількість комбінацій БТ та складності в оптимізації прогнозування летальних випадків. Тому було визнано, що для кожного постраждалого модель БТ специфічна та унікальна [307]. Uri Farkash та його колеги з Медичного корпусу Сил Оборони Ізраїлю зосередили увагу на проведенні посмертного комп'ютерного томографічного дослідження постраждалих, смерть яких була визначена на полі бою до початку будь-якого медичного втручання, або після безуспішних реанімаційних заходів та з клінічними післяопераційними ускладненнями [248, 445]. Аналіз причин смерті у випадках БТ було необхідним для оцінювання якості допомоги, удосконалення, підвищення знань про фактори ризиків летальних випадків [413, 463]. На основі посмертної МДКТ та клінічного опису було розраховано бали за шкалою ISS, що відповідало 29 балам та було значно нижчим порівняно з іншими повідомлення про померлих внаслідок травм (від 40 до 45 балів) [354, 366]. Дослідження показало, що деякі БУ, візуалізовані за допомогою МДКТ, не були діагностовані прижиттєво; тобто МДКТ може бути застосована як аутопсія БТ [248, 354, 413, 432, 445, 463]. МДКТ чутлива при виявленні повітря і рідини в порожнинах тіла [321, 331, 345]. Також вона є цінною методикою обстеження пацієнтів із травмою живота, що дозволило провести точну неінвазивну

діагностику БУ паренхіматозних органів черевної порожнини та заочеревинного простору, менше – кишківника та брижі [248, 391]. Кількісна оцінка внутрішньочеревної та внутрішньогрудної кровотечі добре корелювала із клінічними оцінками та висновками хірургічних втручань. МДКТ може оцінити ступінь та ймовірне джерело кровотечі [228, 434]. Точність шкальної оцінки тяжкості травми була переглянута після проведення посмертної МДКТ. Так, до запропонованої оцінки тяжкості БТ шляхом проведення посмертної МДКТ було неможливо визначити причину смерті без патологоанатомічного розтину. Проте посмертна МДКТ була не точною у виявленні травм кінцівок та обмеженою при ушкодженнях м'яких тканин тіла, опіках тіла [248]. Виявлене повітря у судинах та серці у 50 % померлих свідчило про розвиток повітряної емболії. Це дослідження також підтвердило важливість розтину після смерті та довело інформативну діагностичну перевагу МДКТ над іншими методами МВБТ. Тому виправдано застосовувати МДКТ в режимі сканування всього тіла у пацієнтів з політравмою та безпосередньо із БТ [425]. Також рентгенологи повідомляють про високу частоту травмування краніо-фаціальної, оро-фаціальної АФЗ (зубів, кісток), що часто було додатковою знахідкою при скануванні всього тіла [356]. Важливі повідомлення про застосування МДКТ в режимі сканування всього тіла подали інші дослідники для покращення лікування хворих із травмами у Південній Африці [451]. Більш як півст. хірурги та реаніматологи отримали відомості [199, 258, 364] про розвиток гострої ниркової недостатності у поранених із корейської війни, які лікувалися у протишоковому відділенні клініки. Рівень смертності у постраждалих із ГПН був до 90 % [364], тому запропонований діаліз для їх лікування у 1951 р. знизив показник до 53 % [216]. ГПН спостерігали у постраждалих із БТ опорно-рухового апарату та з ускладненнями післяопераційного періоду [442]. До клінічної та візуальної оцінки важливого значення набуло вивчення патогенетичних механізмів БУ різної локалізації у постраждалих, що досягалося клінічними, інструментальними та експериментальними дослідженнями.

1.4. Експериментальне вивчення вогнепальних поранень, вибухової травми. Формування проблеми та її актуальність (історичні факти від перших ознак до сьогоденного стану)

Еволюція методологічних підходів до вивчення ранової балістики вогнепальних поранень налічує майже три ст.. Історія розвитку вогнепальної зброї і балістики нерозривно зв'язана з появою пороху і подальшого удосконалення його хімічного складу та балістичних властивостей снарядів [97, 351, 456]. Розвиток балістики, як одного з напрямків вивчення ВР, умовно поділився на декілька періодів. Перший період (період емпіричних спостережень) відносився до XIV – початку XIX ст., коли з'явилися перші повідомлення хірургів про поранення живота, грудної клітки та праці про морфологію ВР [183, 426, 427]. Другий період включив перші експериментальні дослідження (середина XIX – кінець XX ст.). У цей період вивчалися питання співвідношення вхідного та вихідного отворів РК. Проводилися дослідження на трупах та об'єктах із різними властивостями штучних та природних матеріалів. В цей час в якості балістичних імітаторів вчені та хірурги використовували трупи тварин, людей, дошки, повсть, глину, свинцеві пластини [429]. У вивченні кульових поранень дослідники дійшли висновку, що рана мала воронкоподібну форму, а вихідний отвір РК перевищував за розмірами вхідний [97, 316, 464]. Значний внесок у вивчення механогенезу вогнепальних поранень внесли А. Coler, О. Schjerning [31], які стверджували, що руйнування тканин при пораненні слід пов'язувати із законами гідродинаміки, а ступінь зміщення часточок в різних середовищах – із законом гравітації. Особливе значення в цей період також мали роботи американського хірурга С. Woodruff [31], який вперше висловив припущення, що механізм гідродинамічного ефекту при пораненнях пов'язаний із феноменом кавітації та утворенням порожнин в тканинах. Сучасний період балістики включив вивчення різноманітних ефектів балістичних властивостей снарядів на тканини і органи тіла людини, тварин та дозволив оцінити термінальну балістику [31, 97, 351], а також моделювання ушкоджуючої дії вогнепальної зброї. Принципи вивчення балістики ВР

грунтуються на взаємодії між снарядом і тілом людини, тварини або імітатора [84, 104, 147, 149, 154, 167, 168]. Макро- та мікроскопічні зміни, які виникають у живих тканинах організму, імітаторах при пораненнях залежать від переданої кінетичної енергії від снаряда до тканин та підпорядковуються медичним, фізико-технічним закономірностям [14, 156, 299, 374, 391, 459]. Проходячи через паренхіматозні органи (печінку, підшлункову залозу, інші органи), які відзначаються в'язкістю й еластичністю та містять великий об'єм крові, БК утворює вхідний отвір зірчастої або радіальної форми [97, 269]. Водночас початок РК містить обривки одягу, а його просвіт заповнюється кров'ю та розтровоною тканиною [154, 199, 391]. Порожнисті органи (шлунок, кишківник, сечовий міхур) мають здебільшого невеликі вхідні отвори, на відміну від яких вихідні отвори були значними внаслідок гідродинамічної дії БК [55, 255, 397]. Початок сучасного періоду вивчення поранень включив застосування швидкісної кіно- та відеозйомки, іскрової фотозйомки, приладів для вимірювання швидкості снарядів на виході зі ствола, на вході та виході з імітатора, рентгенологічних, ультразвукових методів, фізико-математичних обчислень, комп'ютерних технологій, статистичної обробки [43, 49, 50, 97, 169]. До перших праць сучасного експериментального періоду відносяться дослідження американських вчених R. French (до початку Другої світової війни) та G. Callender (під час Другої світової війни), які в своїх працях вперше застосували термін «ранова балістика» (*Wound ballistics*) та «тимчасова пульсуюча порожнина», а результати їх досліджень стали переломним періодом у поглядах на механогенез вогнепальних поранень [31, 254, 365]. В подальші роки радянські вчені та військові хірурги вивчали ВР в експерименті. Серед українських військових хірургів провідне місце займають професори О. С. Герасименко та В. В. Негодуйко [31, 104]. Вивченням поранень тканин та кінцівок займалися окремі спеціалісти (хірурги, судові медики, криміналісти, патоморфологи, фізики), які розглядали механогенез ВР однонаправлено [282, 342, 431, 440]. Для моделювання процесів, що відбуваються при вогнепальних пораненнях та для вивчення БУ, що виникають від дії факторів пострілу,

використовуються найрізноманітніші об'єкти: 1) небіологічні – мильні, желатинові блоки, дерев'яні дошки, листи заліза, різні види тканин одягу; 2) біологічні: біоманекени – трупи людей, лабораторні тварини, так і їх окремі частини, імітатори [21, 31, 55, 147, 149, 171, 205, 255, 351]. Ряд досліджень було присвячено вивченню механізму бактеріальної контамінації рани [397, 430, 452]. Р. К. Stefanopoulos et all. стверджували, що некротизовані стінки РК, внаслідок прямого удару БК, створюють умови для мікробного обсіменіння рани, а дія токсинів мікробів спричиняє розширення РК [427]. Прикладом експериментального вивчення газової гангрени слугували кролячі та щурячі моделі остеомієліту для оцінки інфікування ран кінцівок [369]. В експерименті кістка може суттєво змінити поведінку БК, уповільнюючи її рух та змінюючи шлях. РК у трубчастих кістках, на відміну від плоских, мав особливості, оскільки через велику кінетичну енергію БК трубчаста кістка роздрібнювалася з утворенням уламків між ушкодженою кісткою та вихідним кульовим отвором [97, 169, 365]. На сьогодні найбільш наближеним до органів і тканин людини (щільність, в'язкість, сила опору) для вогнепальних поранень у експериментальних умовах був запропонований та запатентований військовими хірургами О. С. Герасименком та В. В. Негодуйком експериментальний імітатор [97, 104, 147, 154]. Клінічні та експериментальні повідомлення про застосування в анатомічній балістиці фантома представлені в роботі американського радіолога Les R. Folio [254]. На основі ідентифікації шляху БК у фантомах він визначив фактичні кути стрільби та траєкторії польоту кулі, а вимірювання провів в системі зв'язку зберігання та архівування зображень (PACS), отриманих методом МДКТ, що обґрунтувало значення передопераційного огляду поранених із застосуванням МДКТ [39, 48, 58, 229, 253, 267, 270]. На думку більшості авторів, вибір оптимального об'єкта для проведення балістичного експерименту мав би насамперед відповідати вимогам максимальної близькості до організму живої людини за сукупністю фізико-хімічних та біологічних властивостей [49, 149, 460]. Дослідження механогенезу вогнепальних поранень останніми роками направлені на вивчення дії

боєприпасів, спричинених ними БУ в тканинах і органах, на підставі аналізу та досвіду бойових дій на сході України [97, 104, 167–169].

Еволюція сучасної вогнепальної зброї призвела до потреби підвищення рівня та якості вивчення бойової травми в експерименті на тваринах. Експериментальні дослідження вогнепального поранення в сучасних умовах дозволили скласти уявлення про фізичні, фізико-хімічні та патоморфологічні процеси в органах і тканинах, для вивчення динаміки формування ВР на основі термінальної балістики [147, 149, 333, 391, 427, 429, 430, 466]. На нашу думку, а також Т. N. Hanna, W. Shuaib та інших авторів, вивчення морфологічних особливостей ВР в експериментальних умовах є перспективним та визначальним напрямком ранової балістики [286]. На сьогодні відомо, що морфофункціональні зміни при БУ залежать від факторів: 1) балістичних властивостей боєприпасів (маса, форма, калібр, довжина, вихідна кінетична енергія, швидкість); 2) особливості руху БК в оточуючому середовищі (швидкість, стійкість БК під час польоту) [143, 241, 251, 330, 351, 356]; 3) анатомічних властивостей ушкоджених органів і тканин (щільність, еластичність, вміст і функціональний стан у момент поранення, величина тимчасово пульсуючої порожнини, зона молекулярного струсу, інше) [169, 235, 337, 349, 397, 403, 430, 453]. Так, РК експериментальної тварини мали достатню протяжність і за довжиною наближалися в певних локалізаціях до РК у тілі людини [97, 149, 169]. На сьогодні дослідження на тваринах дають змогу вивчати вплив різних чинників на відновлення фізіологічних процесів в органах і тканинах у разі поранень, травм. Причому доведено, що маса БК відіграла важливу роль у пораненнях, проте найважливішою фізичною змінною є кінетична енергія та швидкість обертання БК [253, 270]. Балістичні характеристики снарядів визначають ступінь ушкодження тканин на всіх ділянках ВР. За результатами клінічних та експериментальних досліджень більшість авторів дійшли висновку, що ВР, внаслідок дії сучасної вогнепальної зброї, характеризуються морфологічними критеріями вхідного отвору РК, вихідного отвору, що залежать від відстані пострілу, калібру БК та стійкості кулі в польоті [97]. При

вогнепальному пораненні руйнуються тканини внаслідок передавання енергії через контактну поверхню боєприпаса. Контактна поверхня снаряда може збільшуватися через відхилення, перекидання, деформацію та фрагментацію БК [97, 285, 286]. За таких умов цікавою властивістю є потужність кінетичної енергії, яка визначається як енергія при ударі, поділена на площу дії снаряда [295, 386, 400]. Y. Wen et al. автори провели комп'ютерне моделювання на желатиновій моделі та описали ефект попереднього відхилення снаряда калібру 7,62 мм. Дослідження показало, що в разі ураження цілі з відхиленням снаряда, максимально (90°) на меншій глибині проникнення призводить до збільшення навантаження енергії на модель [452]. Проміжні шари (одяг) можуть дестабілізувати снаряд у польоті, тому БК відхиляється раніше, ніж при ураженні «голої цілі» [430, 433]. Це також призводить до більш раннього відхилення в межах цілі, збільшення площі ураження та пробивання броні велико- та середньокаліберними снарядами. Наприклад, виявлено, що використання БК калібру 7,62 мм із невеликим відхиленням перед ураженням цілі збільшило пробиття деяких матеріалів броні [14, 97, 143, 147, 169, 430]. T. Stevenson et al. провели дослідження, спрямоване на визначення розміру РК в результаті відхилення БК калібру 5,45 мм у моделі кінцівки трупної тварини. Відзначено, що більші РК утворюються за наявності шарів одягу [430]. Відмінна особливість ВР від різаних та колотих ран полягає у складній конфігурації, утворенні дефектів тканин різної величини, нерівномірному ушкодженні органів і тканин по ходу РК та розвитку ускладнень [97]. Висока кінетична енергія снаряда, балістичні особливості сучасної БК при проходженні в тканинах мають схильність відхилятися від початкової траєкторії польоту та викликати значні БУ, які по тяжкості можна зрівняти з осколковими пораненнями, а саме вибуховими пораненнями [97, 285, 365, 397]. Морфо- та структурно-функціональна картина, яка відображає характер БУ, перспективно досліджується на інструментальному та гістологічному рівнях. Макроскопічні, мікроскопічні та макро-мікроскопічні дослідження входять до складу обов'язкових у морфологічному вивченні ВР [31, 97, 149, 337, 438].

Крім макроскопічних ознак, які визначаються при фізикальному обстеженні, в діагностиці вогнепальних поранень велике значення мають гістологічні ознаки [21, 97, 147, 149, 443, 452]. БК, при проходженні через шкіру, чинить пробивну дію, тобто утворює отвір, позбавлений шкіри (дефект шкіри, або мінус-тканина). Візуально утворюється пасок обтирання як темне коло на краях вхідного отвору [333, 466]. ВР від сучасної зброї мають значні ушкодження різних тканин. Морфологічні ознаки некрозу тканин визначаються при гістологічному дослідженні м'язової та легеневої тканини, дермальних шарів по типу контузії у дослідних тварин [97, 169, 235, 258, 466]. Отримані результати морфологічних досліджень ВР зіставляли зі спеціальними інструментальними, лабораторними методами дослідження, що сприяло поглибленому вивченню структурних змін уражених органів і тканин. МВБТ стала важливим і необхідним етапом дослідження, що розширило можливості вивчення структурно-функціональних змін ран [41, 42, 97, 149, 459]. Експериментальне обґрунтування ефективності застосування візуалізуючих методів променевої діагностики (УЗД та РГ, МДКТ) вогнепальних поранень представлено в патенті О. І. Гречаник, І. М. Дикан, Р. Я. Абдуллаєв [149]. Експериментальне використання УЗД у зарубіжних колег для візуального дослідження ран при вогнепальному пораненні у дослідних свиней дозволило вивчати довжину РК, наявність сторонніх тіл, визначити різні характеристики ушкоджених м'яких тканин [168, 337]. У 2018 р. українськими травматологами були проведені наукові дослідження вогнепальних переломів верхніх та нижніх кінцівок із відтворенням новоутвореної кісткової тканини в ділянці транскортикального дефекту та обґрунтуванням доцільності використання методики «захищеного шва» (анастомоз між травмованим серединним та донорським ліктювим нервами) при високому ушкодженні серединного нерва в експериментальних умовах на кроликах [21, 171, 443]. З метою експериментального обґрунтування ефективності ендovasкулярної балонної оклюзії аорти при тяжких пораненнях і травмах запропоновано модельний експеримент нашими партнерами [269, 396, 467]. Для моделювання впливу фракції осколків осколочних боєприпасів на біологічні тканини ВС

у захисних елементах екіпіровки із прогнозуванням ушкоджень незахищених зон також застосовувались біологічні об'єкти [169, 400, 401]. Отримані дані виявили недоліки «захисних властивостей» елементів бойової екіпіровки, що дозволило зробити висновок про недостатність захисту після дії осколочної маси осколочних боєприпасів. У експериментальних тварин із застосуванням променевого методу діагностики (УЗД, РГ, МДКТ) були встановлені БУ органів у разі заброневої перешкоди, що передбачало подальше вивчення заброневої травми, закритої бойової травми (ЗБТ) та вогнепальних осколкових поранень [55, 97, 149, 169].

Таким чином, вибір об'єктів та методів дослідження для проведення експериментів із вивчення механогенезу вогнепальних поранень відіграло важливу роль для клінічної оцінки БТ. Виникнення певних труднощів та недоліків було пов'язано з балістичними властивостями боєприпасів, їх впливом на уражені тканини експериментальних об'єктів та верифікацією візуальних ознак БУ. Цим пояснюється необхідність застосування для експерименту таких імітаторів, які б за своїми фізичними властивостями, анатомо-фізіологічною та функціональною будовою в найбільшій мірі наближалися до гетерогенної структури органів і тканин людини (щільність, в'язкість, еластичність, сила опору, інші характеристики).

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальні положення

Робота ґрунтувалася на досвіді надання діагностичної допомоги постраждалим (пораненим/травмованим) із тілесними ушкодженнями, які брали участь у Революції Гідності, (м. Київ, з 21 листопада 2013 по 21 лютого 2014 рр.) та військовослужбовцям із БТ (вогнепальною та невогнепальною травмою), які отримали в АТО/ООС на сході України (в період з березня 2014 по кінець 2022 рр.) та у повномасштабній російсько-українській війні з 24 лютого 2022 р. по кінець 2023 р. Порядок надання хірургічної та діагностичної допомоги постраждалим із визначенням понять етапу та видів (первинна, вторинна, остаточна) представлені в Доктрині з медичного забезпечення сил оборони [72, 73, 145]. Для медичного забезпечення ЗС України створені відповідні військово-медичні заклади, які розташовані з урахуванням дислокації військ, та здійснюють свою діяльність відповідно до законодавчих і нормативно-правових актів України та керівних документів [73, 82, 93, 95, 100, 122, 126, 161]. Застосування зведених військових медичних підрозділів у ході виконання заходів медичного забезпечення оборонної операції на території Донецької та Луганської областей у сучасній війні визнано доцільною, економічно обґрунтованою функціонально-організаційну модель – передову госпітальну базу [24]. Пораненим, травмованим із БТ кваліфікована, з елементами спеціалізованої, хірургічна допомога надавалась у польових умовах (II РМЗ, ВМГ), у тому числі тим, які були прооперовані групами підсилення зони відповідальності, передовими хірургічними групами, у стабпунктах [82, 93, 122, 126, 161]. До завдань ПХГ належали невідкладні заходи кваліфікованої хірургічної допомоги за протоколами Damage Control Surgery (DCS) та невідкладним протоколом ATLS [188, 358, 447, 458]. У ВМКЦ регіонів (III РМЗ), НВМКЦ «ГВКГ» (IV РМЗ) постраждалим надавалась спеціалізована та високоспеціалізована хірургічна допомога, а у невідкладних випадках –

у державних або комунальних закладах чи у закладах охорони здоров'я центральних органів виконавчої влади [65, 93, 95, 126]. Серед них прифронтові центральні районні лікарні (ЦРЛ) та обласна клінічна лікарня (ОКЛ) ім. І. І. Мечникова (м. Дніпро), (Ш РМЗ). В обсязі госпітальної допомоги постраждалим із БТ променеві методи МВ – РГ, УЗД, проводили у польових умовах. Ситуаційно у прифронтових ЦРЛ або ОКЛ виконували МДКТ без контрастування голови та хребта у випадках нейрохірургічної травми. Ситуаційну та діагностичну МДКТ без контрастування проводили постраждалим із БУ голови, грудної клітки, органів черевної порожнини, таза у ОКЛ ім. І. І. Мечникова або ВМКЦ регіонів. Після евакуації постраждалого на вищий РМЗ (НВМКЦ «ГВКГ») для госпітального лікування проводили МВ та візуальний контроль із застосуванням: УЗД, РГ, МДКТ без контрастування та МДКТ з динамічним контрастним підсиленням (МДКТ з контрастуванням), МРТ, РАГ по чітко визначених показаннях.

У процесі дослідження використано методи: модельного експерименту (балістичний на лабораторних тваринах та небіологічних об'єктах, желатинових блоках), МБЕ, системного аналізу, багатофакторного аналізу, клінічного спостереження, медико-візуальний, візуально-балістичний, моделювання. Започатковано застосування досягнень сучасної телемедицини, телерадіології, госпітальної системи отримання, обробки, архівування та передачі зображення (PACS24).

2.2. Загальна характеристика клінічних груп спостереження

Загальний масив постраждалих із БТ різної локалізації розподілено на 2 діагностично-лікувальні групи. У I групі проаналізовані результати лікувально-діагностичної роботи в період несформованої системи етапного лікування, коли постраждали з місця події (бою), після надання першої допомоги, потрапляли в найближчі лікувальні заклади 2–3 рівня – з різними діагностичними і лікувальними можливостями. Постраждали основної (II групи) пройшли через всі етапи, сформовані для повномасштабної війни, системи

етапного лікування та медичної евакуації, що повністю відповідало характеру і особливостям бойових дій, укомплектуванню необхідними фахівцями та були оснащені відповідним штатним обладнанням – від апаратів УЗД до КТ і МРТ. Тому лікувально-діагностичні групи спостереження мали наступні відмінності та особливості: Перша (I група) поділена на дві організаційні підгрупи: а) поранені учасники Революції Гідності, коли всіх постраждалих в короткі терміни доставляли в НВМКЦ «ГВКГ» та лікарні м. Києва. Лікувальні заклади були оснащені сучасними засобами МВ і візуального контролю, укомплектовані високваліфікованими спеціалістами. Недоліком було: 1) відсутність досвіду медичної візуалізації бойової травми; 2) відсутність візуальних ознак бойових ушкоджень; 3) як наслідок – неповне використання можливостей візуалізації та контролю; б) постраждалі, яким допомога надавалася у «ситуаційній» системі лікувально-евакуаційного забезпечення. Недоліком було: 1) не реалізувалося правило «платинової хвилини» та не виконувалась вимога «золотої години» [15]; 2) лікувальні заклади були «випадкові», не мали обладнання, досвіду, фахівців; 3) численні помилки МВ, відсутність контролю. Основна (II група) набиралася в умовах: 1) створення системи етапного лікування відповідно до потреб бойових дій; 2) технічного оснащення засобами візуалізації та контролю відповідно до завдань РМЗ (ЕМЕ); 3) укомплектування підготовленими фахівцями; 4) отримання візуальних ознак всіх БУ. Відмінність груп спричинена зміною характеру і способів ведення бойових дій та використання засобів ураження.

У масиві спостереження клініко-діагностичних груп кількість постраждалих в основній групі була 653 поранених і травмованих, з яких 583 (89,3 %) вижили, а 70 (10,7 %) померли; і порівняльну групу склали 361 осіб, з яких 326 (90,3 %) вижили, а 35 (9,7 %) померли.

2.3. Характеристика клінічних баз та медико-технічного оснащення РМЗ

Для обґрунтування тактики візуального контролю, характеристики візуальних ознак БУ, з визначенням ефективності променевого методу для їх

діагностики на ЕМЕ (РМЗ) матеріал набирався на клінічних базах II, III, IV РМЗ у лікувальних закладах Міністерств оборони та Міністерств охорони здоров'я України, інших відомств. Із врахуванням впровадження у ЗС України стандартів НАТО, дотримання Принципів і політики медичного забезпечення ми не включали в дослідження інфекційних хворих [115, 116, 368, 369].

На сьогодні ВМГ, ПХГ, стабпункти забезпечені портативними ультразвуковими приладами закордонного та вітчизняного виробництва з різним програмним налаштуванням, комплектацією. Також на фронті успішно працюють цифрові рентгенологічні прилади для діагностики невідкладних станів та сортування поранених, травмованих. Діагностичні зображення передаються на електронні носії пам'яті або телефонні пристрої. У прифронтових ЦРЛ виконували МДКТ без контрастування черепа, головного мозку, хребта. У багатопрофільних стаціонарах ВМКЦ регіонів та ОКЛ ім. І. І. Мечникова виконувались нативні томографічні дослідження (МДКТ без контрастування) у гемодинамічно стабільних і стабілізованих постраждалих головного мозку, шиї; органів грудної та черевної порожнини; таза; кістково-суглобової системи; сечовидільної системи.

Основним лікувально-профілактичним закладом IV РМЗ, що брав участь у нашому дослідженні, де збирався клінічний матеріал, був НВМКЦ «ГВКГ» (м. Київ). У НВМКЦ «ГВКГ» проводили госпітальне лікування постраждалих із БТ відповідно до встановлених РМЗ, стандартів медичної допомоги та військово-медичних стандартів [93, 95, 161]. На IV РМЗ передбачено надання постраждалим вичерпної за переліком високоспеціалізованої хірургічної, діагностичної допомоги з використанням високотехнологічного медичного устаткування. Застосовували: рентгенологічний (РГ), ультразвуковий (УЗД), комп'ютерно-томографічний (МДКТ) та магнітно-резонансний (МРТ) методи МВ, а також візуально оцінили результати інтервенційної радіології, що включала рентгенівську контрастну ангіографію (РАГ), малоінвазивну діагностику, лікування, артроскопію. Основним чинником, що вплинув на організацію та стан

діагностичної допомоги постраждалим із БТ протягом дослідного періоду, було матеріально-технічне забезпечення спеціальною діагностичною апаратурою на ЕМЕ (РМЗ).

У НВМКЦ «ГВКГ» (IV РМЗ) у відділенні ультразвукової діагностики та лікування (клініки променевої діагностики та терапії) на ультразвуковому скануючому приладі експертного класу ULTIMA RA, виконували УЗД органів черевної, грудної порожнин, таза, заочеревинного простору, серця, поверхнево-розташованих органів (щитоподібна залоза, грудні залози, очниці), м'яких тканин тіла, кістково-суглобової системи в різних режимах та програмного забезпечення: сірошкальний режим (В-режим), ультразвукова доплерографія (УЗДГ), соноеластометрія, соноеластографія (СЕГ), ехокардіографія. На приладі Soneus P7 (Ultrasign, Україна) вимірювали жорсткість паренхіми печінки та стеатометрію вмісту жиру у паренхімі. Проводили кольорове доплерівське картування (КДК) судин голови, шиї, кінцівок, судин черевної порожнини, нирок, малого таза та ехографію периферичних нервів. У В-режимі та СЕГ діагностували дифузні, вогнищеві зміни печінки, щитоподібної залози, м'яких тканин тіла, компартмент-синдром кінцівок та давали візуальну оцінку СТВП (куль, металевих осколків, сталевих оболонок снарядів, фрагментів боєприпасів) та СТНВП (кісткові уламки, медичний текстиль). В режимі СЕГ вимірювали щільність порожнинних випотів, патологічних осередків. Рентгенологічну діагностику проводили на телекерованому стаціонарному цифровому комплексі OPERA Swing версія 07 (Італія). Виконували цифрову рентгеноскопію, високошвидкісну прицільну цифрову рентгенографію, лінійну томографію, рентгенодіагностичні обстеження скелета, шлунково-кишкового тракту, органів дихальної системи в реальному часі та отримували зображення високої якості без артіфікації, з можливістю постобробки та збереження знімків у системній пам'яті. Для дослідження шлунково-кишкового тракту використовувалися контрастні речовини: суміші сульфату барію, водорозчинний контраст – тріомбраст. Для сечовидільної системи (внутрішньовенна урографія, цистографія, ретроградна піелоуретерографія)

брали розчини йодовмісних рентгеноконтрастних препаратів (томогексол, ультравіст, урографін, тріомбрас). При виконанні ретроградної цистографії застосовували водорозчинний контрастний препарат тріомбрас, урографін. У відділенні травматології в умовах операційної проводили артроскопію з видаленням парамагнітних СТВП та виконували відновлення ушкоджених внутрішньосуглобових структур. У відділенні рентгенокардіоваскулярної хірургії на ангиографічній системі INNOVA 2100 GE Medical Systems SCS (Франція) проводили із рентгеноконтрастною речовиною розчином неіонного йодовмісного препарату ультравіст, внутрішньовенно: церебральну артеріоангіографію, аортографію всіх відділів аорти, гілок, кінцівок, каваграфію, флебографію, церебральні, аортальні, периферичні стентування, емболізацію аневризм різних локалізацій та неінвазивне видалення СТВП. Магнітно-резонансну діагностику проводили на апараті Signa Excite HD 1,5T фірми General Electric (США), що включала магнітно-резонансну томографію (МРТ) головного, спинного мозку, очниць, гіпофізу, хребта, м'яких тканин; дослідження колінних, плечових, кульшових суглобів; магнітно-резонансну ангиографію (МРА) судин головного мозку, таза без контрастування та з парентеральним контрастуванням парамагнітним контрастним засобом дотавіст, з розрахунку в середньому 0,2 мл на 1 кг маси тіла. Проте застосування МРТ було обмежене, у зв'язку з наявністю в тілі СТВП (кулі, металеві осколки, обшивки снарядів) та СТНВП (медичного призначення металевої щільності). МДКТ із контрастуванням та без контрастування виконували на 16-зрізовому комп'ютерному томографі Optima CT520 у відповідно вибраному програмному забезпеченні для дослідження внутрішніх органів, кінцівок, голови. Етапованим постраждалим у післяопераційному стані (СПО), які поступали у ВРІТ для хірургічних, нейрохірургічних хворих, у важкому та вкрай тяжкому стані, з поліорганною недостатністю, за життєвими показаннями виконували МДКТ з контрастуванням (рентгеноконтрастний препарат Візіпак-320, або Томогексол-350 вводили через внутрішньовенний катетер діаметром не менше 20G, 350 мг/мл в об'ємі 100 мл зі швидкістю введення 3–4 (3,6) мл/с, затримка

сканування для артеріальної фази – 25 с, для венозної фази – 45 с, для паренхіматозної фази – 180 с) та без контрастування, у режимі сканування всього тіла, *Full Body Scan*). Тривалість МДКТ досліджень в середньому була 1–3 хв, МРТ – 15–45 хв. Попередній перегляд та візуальна оцінка проводилася з екрана монітора, а знімки видавалися протягом 1 год після проведення дослідження.

2.4. Обґрунтування вибору матеріалів і методів для багатофакторного аналізу та модельного балістичного експерименту на об'єктах

Для встановлення особливостей структурно-функціональних змін та візуально-балістичних ознак БУ при застосуванні різних видів зброї противником опрацьовано 1014 карт стаціонарного хворого (форма № 003/о), (дотримувалися Інструкції щодо заповнення форми первинної облікової документації №003/о, №027/о «Виписка із медичної карти амбулаторного (стаціонарного) хворого», Наказ Міністерства охорони здоров'я України 14.02.2012 № 110, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 28 квітні 2012 р. за № 682/20995) [13, 56, 120, 123, 124, 132]. У загальному масиві обстежених проведено лікувально-діагностичний розподіл: в основній (II) групі – 643 (98,5 %) прооперованих постраждалих чоловіків та 10 (1,5 %) жінок (середній вік – 34 р.), (міжквартильний інтервал 27–40 р.), яким на II, III, IV РМЗ були проведені променеві методи МВ – РГ, МДКТ (з контрастуванням II₂ підгрупа, без контрастування II₁ підгрупа), МРТ, РАГ, УЗД та візуальний контроль на IV РМЗ у період повномасштабної російсько-української війни (з 24.02.2022 по жовтень 2023 р.). У порівняльну (I) групу увійшло 357 (98,9 %) прооперованих чоловічої статі та 4 (1,1 %) жінки, (середній вік – 34 р.) (міжквартильний інтервал 30–39 р.), яким було проведено УЗД, РГ, МДКТ без контрастування та інші променеві методи за різний дослідний період.

Для експериментальної візуально-балістичної оцінки БУ здійснено МБЕ із застосуванням комбінованого балістичного біологічного імітатора (КББІ) в двох серіях експериментальних тварин кіз зааненської породи, із дотриманням вимог

«Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» [75, 111]. Вивчено механогенез БТ: вогнепального поранення (ВогП, кульове, осколкове), вибухового поранення (ВП), вибухової травми (ВТ), обґрунтована ефективність застосування променевого методу візуалізації бойових ушкоджень різної локалізації при застосуванні окремих видів стрілецької зброї та імітаторів вибуху, осколкового ураження тканин КББІ. Для вивчення візуально-балістичної характеристики, об'ємів (V , см^3) РК від сучасних БК калібру 5,45x39мм патрона 7Н39 здійснено постріли у 20 % балістичного желатину блоки зі стрілецької зброї трофейного АК-12 з різної відстані. Після експериментальної візуально-балістичної оцінки РК визначено експериментальний прогностичний індекс j (%) для прогнозу успішного хірургічного лікування та клінічної оцінки об'єктивізації тяжкості травми, стану, встановлено функціональний зв'язок із візуальними ознаками БУ, факторами ризику летальних випадків та ускладнень із механізмами смерті у постраждалих із БТ.

2.5. Матеріали, методи, умови проведення експериментального балістичного дослідження на біологічних та небіологічних об'єктах

З метою оцінки ефективності та безпеки рентгеноконтрастних променевого методу дослідження, а також можливості їх застосування при вогнепальних пораненнях (кульових, осколкових), вибуховому пораненні, вибуховій травмі проведено МБЕ за участю тварин (біологічних об'єктів, кіз), із застосуванням КББІ (додаток А1). Кози зааненської породи порівняно з іншими тваринами (кінь, собака, кішка, кролик, вівці) мають подібні до людини джерела артеріального кровопостачання головного мозку, морфологічні, фізіологічні особливості будови органів черевної та грудної порожнин [139]. Їм притаманні співставлені з людиною маса тіла, подібність за будовою і функціонуванням серцево-судинна, дихальна, травна системи, система гемостаза [97, 139, 284]. Також, перевагою у цих тварин була подібність до анатомії судинного русла людини для проведення катетеризації під контролем УЗД, анатомо-топографічне

співвідношення порожнин тіла (торакоабдомінальна, черевно-тазова, торакокардіальна АФЗ), що дозволило вивчити поєднані та множинні поранення, травми, характер, об'єм РК, ділянки БУ, прогнозувати міграцію металевих осколків, виявити візуальні ознаки БУ (додаток А1). Використано дві експериментальні серії: I серія – 2 тварини (зразок №1, №2), постріли у відкриті АФЗ, застосували стрілецьку зброю: АК-74 (автомат Калашнікова, патрон калібр 5,45 мм індекс 7Н10, відстань до зразка 10,3 м; 2) снайперська гвинтівка Драгунова (СГД), патрон калібр 7,62 мм, змодельована дистанція 300 м; II серія – 4 тварини (зразок №3, №4, №5, №6), постріли у закриті АФЗ застосували: пістолет Макарова (ПМ), патрон калібру 9,0 мм з відстані 30 м (бронезилет 4 класу захисту); снайперська гвинтівка Драгунова, патрон калібр 7,62 мм, змодельована дистанція 300 м (бронезилет 4 класу захисту); кулемет НСВТ, патрон калібру 12,7 мм, змодельована дистанція 300 м (бронепластина товщина 19 мм), (додатки А1, А2). Експериментальним тваринам проведено РГ, УЗД, МДКТ для вивчення нормальної ехо-, КТ-анатомії, моніторинг вітальних функцій, підготовчі косметичні заходи (додаток А2). Аналізували дані шести МДКТ досліджень (три з контрастуванням), семи УЗД та РГ, шести вульнерографій (фістулографій) РК та ушкоджень різної локалізації для обґрунтування вибору моделі різних видів бойових ушкоджень (додатки А2–А4). Експеримент не суперечив нормам біоетики, що дозволило його проведення з виконанням вимог Європейської конвенції [75, 111].

До початку експерименту всі тварини знаходилися у віварії в умовах 10-денного карантину. За добу харчування тварини припиняли, доступ до води залишали вільним. З метою промедикації тваринам двох експериментальних серій внутрішньом'язово вводили препарат Золетил®100 (Zoletil®, Virbac, Франція) в дозуванні 10 мг/кг, а також 1,5 мг атропіну для зменшення слиновиділення. До початку МБЕ тваринам проводилась оцінка рівня свідомості по шкалі Neurologic Severity Score (NSS) [284]. Дана шкала була розроблена для оцінки рівня свідомості у малої та середньої рогатої худоби, побудована по принципу шкали ком Глазко. Шкала включала оцінку поведінки, апетиту,

положення голови і тіла, вокалізацію, ходу, моторну функцію передніх і задніх кінцівок. Оцінка усіх функцій відображалась у сумі балів від 0 до 32, де 0 балів була відсутність неврологічного дефіциту, 32 бали – тяжке ушкодження головного мозку. Всі тварини обох серій експерименту попередньо мали 0 балів по шкалі NSS [284].

Дослідження на біологічних об'єктах проводилось у 7 етапів (додаток А2). Балістичні випробування проводились в умовах температури навколишнього середовища $+20^{\circ}\text{C}$, відносної вологості повітря 75 %, атмосферного тиску 754 мм рт. ст у НДЦ експертизи, сертифікації та випробувань захисних індивідуальних броньованих засобів НУОУ. У вказані АФЗ КББІ у такій послідовності: голова, шия, краніо-фаціальний, цервіко-краніальний сегмент, грудино-реберно-плечовий сегмент, торакоабдомінальний, торако-кардіальний, тазово-абдомінальний, тазово-кульшовий здійснили постріли, використовуючи патрони БК: 5,45 (ПП); 7,62 (Б-32); 9,0 (ПМ); 12,7 (Б-32) (додатки А1–А8). Для проведення дослідження застосовували нестандартизоване спеціального призначення обладнання, засоби вимірювальної техніки, зброю (балістичні стволи), допоміжні та витратні матеріали, БК різних видів патронів, бронежилети товщиною 6 мм, броньовану пластину товщиною 19 мм (додатки А4–А7). Для вивчення вибухового та осколкового ураження з визначенням масової (m, грам) характеристики осколкового направленою потоку внаслідок вогневого ураження після пробиття перешкод було використано засипний уловлювач (додаток А7). Передня його стінка формувалася за допомогою тканини та скотчу. Після кожного пострілу відбувалася їх заміна. Випробування проводили на тій самій балістичній трасі з використанням тієї самої балістичної зброї, БК 7,62 мм, 12,7 мм. Фото зібраного пристрою для проведення випробувань та перелік обладнання, засобів вимірювальної техніки для моделювання обстрілу рухомої броньованої цілі в умовах НДЦ НУОУ (додатки А7, А8). Для експериментального дослідження на небіологічних об'єктах у чотири 20 % желатину балістичні блоки здійснено серії пострілів із відстані 10 м, 100 м, 250 та 300 м з російського трофейного АК-12, сучасною

модифікованою БК калібру 5,45x39 мм, патрона 7Н39 із карбїду вольфраму з перешкодою металевих пластин товщиною 6 мм. Інформація про даний боєприпас у відкритих джерелах обмежена. Тому спиралися на дані патентної документації (патент рф №2438092 від 9.07.2010 р.), (додаток А8). Зразок желатинового блока (V 2485 см³), у який здійснено 5 пострілів, представлено на рис. 2.1. Зразок 20 % желатину балістичного блока з одним пострілом – на рис. 2.2.



Розмір блока: довжина 370 мм, ширина 120 мм, товщина 150 мм, $V_{\text{блока}}$ 2485 см³
Здійснено постріли з відстані 100 та 10 м з АК-12 БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н39

Вигляд желатинового блока після здійснення п'яти пострілів з АК-12.
Ранові канали в желатині пофарбовані

Рис. 2.1. Зміна форми желатинового блока (5 РК)



Розмір блока: довжина 480 мм, ширина 150 мм, товщина 130 мм, $V_{\text{блока}} = 4898$ см³

Здійснено постріл з відстані 100 м з АК-12 кулею калібру 5,45x39 мм патрона 7Н39.

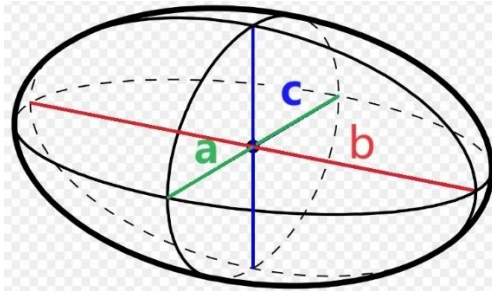
РК у блоку (голуба стрілка)

Рис. 2.2. Желатиновий блок з одним рановим каналом

На рис. 2.1 та 2.2 представлені желатинові блоки різних об'ємів після пострілів з АК-12 з відстані 10, 100, 250, 300 м. Як видно з порівняльних рис. 2.1 та рис. 2.2, желатиновий блок, у який було здійснено п'ять пострілів з АК-12 БК індекс 7Н39 деформувався, змінив свою консистенцію (рис. 2.1), а блоки з одним РК не змінилися (рис. 2.2).

Для порівняння з візуально-балістичною оцінкою РК у внутрішніх органах (печінка, легеня, інші анатомічні структури) в експерименті у желатинових блоках кубічної форми визначені лінійні розміри (довжина, ширина, товщина, мм), об'єм (см³) та ехощільність (еластичність, модуль Юнга (кПа), 8кПа),

що дозволило застосовувати формулу об'єму обертаючого еліпсоїда та вітально їх порівнювати (рис. 2.3). Для проведення волюмометрії РК у серіях пострілів томографічно у 3D режимі, об'ємному рендерингу, а також зображення із тепловою картою [135] у 20 % желатинових блоках визначили лінійні розміри РК (довжину, ширину, товщину (мм) у трьох площинах сканування, подібну до передньо-заднього розміру (ПЗР, b), сагітального розміру (СР, a), краніо-каудального розміру (ККР, c), (рис. 2.3).



Для вимірювання об'єму ранового каналу застосовували формулу об'єму обертаючого еліпсоїда; b – передньо-задній розмір (мм); a – сагітальний розмір (мм); c – краніо-каудальний розмір (мм)
Об'єм обертаючого еліпсоїда

$$V = \frac{\pi \times \text{довжина} \times \text{ширина} \times \text{товщина}}{6}$$

Рис. 2.3. Формула для вимірювання об'єму ранових каналів та ушкоджених органів, анатомо-функціональних зон (см³)

У відсотках (%) обчислили співвідношення об'єму РК (або Σ декількох) до загального об'єму желатинового блока для визначення прогностичного вітального індексу j (%) травмованої або втраченої тканини, внаслідок БТ, схема:

$X = \frac{V_{\text{ранового каналу або зони ушкодження}}}{V_{\text{загальний дослідженої ушкодженої зони}}} \times 100 \% \text{ (}\%)$
<p>Примітка. j: 100 % загальний об'єм ушкодженого органа/АФЗ $j \leq 40 \%$ прогноз сприятливий $j > 40 \%$ прогноз несприятливий</p>
<p>Балістична волюмометрія. Формула для обчислення вітального прогностичного індексу j (%) травмованої тканини при бойовому ушкодженні</p>

2.6. Методи гістологічного дослідження зразків комбінованого балістичного біологічного імітатора

Після здійснення пострілів для гістологічного дослідження відбирали ділянки країв вхідних і вихідних отворів вогнепальної рани, РК на глибині 10–12 мм ушкоджених органів із межею неушкоджених тканин та ділянки БУ АФЗ при ЗБТ. Ділянки, що були відібрані із зони вхідного і вихідного отворів ран, відділяли так, щоб у гістологічний зріз потрапила зона безпосереднього БУ

і межою з нею зона макроскопічно неушкоджених тканин з наступних органів: головний мозок, легеня, серце, печінка, нирка, селезінка, підшлункова залоза, шлунок, кишківник, сечовий міхур. Кожний об'єкт, що брали для дослідження, маркували.

Гістологічний матеріал фіксували у 10 % забуферного формаліну і піддавали зневодненню у розчинах етилового спирту зростаючих концентрацій 60 %, 70 %, 80 %, 90 % по 30 хв, 96 % протягом 16 год. Після цього зразки проводили через дві порції ксилолу (по 10 хв), а далі у трьох парафінах (40 хв) при +56 °С. Зразки тканини заливали у розплавлений парафін. На санному мікротомі виготовляли зрізи товщиною 5–7 мкм. Гістозрізи товщиною 5–7 мкм отримували на санному мікротомі з подальшим їх забарвлювали гематоксиліном і еозином по методиці Вейгерта [23].

Зрізи піддавали депарафінуванню у двох порціях ксилолу (по 5 хв), далі проводили по спиртах спадаючих концентрацій 96 %, 90 %, 80 %, 70 %, 70 % (по 3–5 хв), промивали у трьох порціях дистильованої води (по 5 хв), забарвлювали гематоксиліном (3–5 хв), промивали у проточній теплій водопровідній воді (10 хв). Зрізи диференціювали 1 % соляною кислотою (20 с), промивали лужною водою та дофарбовували спиртовим розчином еозину (10 с), після чого промивали у трьох порціях спирту 70 %, 80 %, 96 %. Надалі зрізи просвітлювали ксилолом (5 хв) та заключали під покривне скельце у монтуєче середовище [223, 224, 317].

Дослідження гістологічних препаратів проводили за допомогою медичного мікровізора світла μ Vizo – 103. Фотографування об'єктів проводили із використанням цифрової зйомки (камера «Sony alpha nex-7») та подальшою обробкою зображень на персональному комп'ютері із застосуванням програми Adobe Fotoshop lightroom. Судження про вплив БК калібрів 12,7 мм, 7,62 мм, 5,45 мм, 9,0 мм на м'які тканини та органи, вплив осколково направленою потоку після використання броньової пластини, а також вплив на тканини заброневої перешкоди у разі застосування різних видів стрілецької зброї, з різних дистанцій проводили на основі гістоморфологічних змін в ушкоджених тканинах.

2.7. Визначення необхідного та достатнього обсягу дослідження

В рамках доказової медицини прийнято використовувати вибірковий підхід, при якому формування вибіркового матеріалу здійснювалося за умов його репрезентативності. Вимога репрезентативності виконувалася за двох основних умов: 1) типовість об'єктів, з яких формується вибірка, що досягалося випадковістю відбору об'єктів, тобто з використанням рандомізованого підходу; 2) достатністю кількості незалежних спостережень або достатністю обсягу вибіркового матеріалу. Перша вимога забезпечена концепцією даного дослідження, тобто до вибіркового матеріалу включено усіх із БТ, які обстежувалися у вищезазначених лікувальних закладах, та тих, кому проведено відеоконсультації. Оскільки ознаки, що аналізувалися у даній роботі, відносяться до типу номінальних або бінарних даних, то для оцінювання мінімально необхідного обсягу досліджень, необхідного для отримання задовільної точності даних, використовували загальноприйнятий підхід [9], за яким обсяг вибірки розраховували за формулою (2.1):

$$n_{\min} = \frac{z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot (1-p)}{\Delta^2}, \quad (2.1)$$

де z_{α} – нормоване відхилення для певного рівня статистичної значущості ($z_{\alpha} = 1,96$ для $\alpha = 0,05$);

Δ – максимально допустима похибка;

$\Delta = z_{\alpha} \cdot m_p$, p – частка одиничної альтернативи;

m_p – вибіркова похибка частки.

При невідомій початковій частці передбачалося, що $p = 0,5$, а m_p – розраховувалося із показника точності вибіркового показника відносно генерального, за формулою (2.2):

$$C_s = \frac{m_p}{p} \cdot 100 \% \quad (2.2)$$

Точність клініко-епідеміологічного дослідження вважалася достатньою, тому $C_s = 5 \%$, тобто $m_p = 0,025$. Виходячи з вищенаведеного $n_{\min} = 400$.

Тобто, обсяг вибіркового матеріалу: 1014 випадків БТ у постраждалих в Революції Гідності, в умовах ведення бойових дій на сході України та повномасштабної війни, був достатнім і забезпечив високу репрезентативність вибіркового вітального дослідження для порівняння з даними U. Farkash про експертне значення посмертної МДКТ проникних поранень різної локалізації [248].

2.8. Методологія аналізу емпіричного та фактичного матеріалу дослідження

Для обробки результатів клінічних та інструментальних (візуалізуючих) досліджень використано методи медико-статистичного аналізу. Для статистичного аналізу результатів дослідження був використаний статистичний пакет EZR v. 1.64 (graphical user interface for R statistical software version 4.3.1, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) [312]. При проведенні аналізу для якісних ознак та показника відносного ризику (RR) застосовували точний критерій Фішера або критерій χ^2 -квадрат, для кореляційного аналізу, коефіцієнт Пірсона, Спірмана. Використано метод побудови та аналізу кривих операційних характеристик (ROC-кривих), розраховано площу під кривими (AUC, 95 % довірчий інтервал (ДІ), чутливість, специфічність тестів, інформативність методів діагностики (чутливість, специфічність, точність, прогностична значущість).

Для аналізу результатів дослідження, що відносилися до якісних даних (номінальні, порядкові, бінарні), використовувалися відповідні непараметричні критерії [9, 89, 312]. При проведенні описової статистики розподіли ознак представляли у абсолютних та відносних (%) частотах. Для більш докладного аналізу розподілів номінальні ознаки були подані у вигляді бінарних: градації, що аналізувалися. Подібний підхід дозволив описувати частки градацій, розраховувати 95 % ДІ, їх оцінювати, що дало можливість порівняти відносні частоти градацій у межах як однієї групи, так і частки однойменних градацій у порівняльних групах. Для часток $p \% \ll 25 \%$, $p \% \gg 75 \%$, коли ДІ стає різко

асиметричним, використовували методикау ϕ -Фішера [9]. У випадку $p\% = 0$ розраховувалася поправка на випадковість за Ван-дер-Варденом [89, 312, 335]. При порівнянні груп, при аналізі впливу факторів на результуючу ознаку спочатку проводився аналіз їх загального впливу за критерієм χ^2 -Пірсона, після чого проводилося попарне постеріорне порівняння груп (у випадку більш ніж 2-х груп використано поправку Бонферроні). У дослідженні для визначення факторів ризику чи ефективності хірургічного лікування було проведено статистичне оцінювання відносного ризику летального результату (RR) залежно від прогностичного вітального індексу j (%) та показника етіологічної частки відносного ризику (EF). Результати підтверджені за допомогою статистичного аналізу: за точним критерієм Фішера (F^{exc}) та кореляційним аналізом: розраховано тетрагорічний коефіцієнт асоціації (r_a) між прогностичним індексом j (%) та результатом лікування [9, 312].

Для аналізу результатів дослідження, що відносилися до кількісних даних, проводили перевірку закону розподілу на нормальність (використано критерій Шапіро-Уїлка). При проведенні описової статистики у випадку нормального закону розподілу розраховувалося середнє значення показника (\bar{X}) та середнє квадратичне відхилення ($\pm SD$). У випадку закону розподілу, відмінного від нормального, розраховувалося медіанне значення показника (Me) та міжквартильний інтервал (QI–QIII). Для проведення порівняння у двох групах використано критерій Ст'юдента (у випадку нормального закону розподілу), або критерій Манна-Уїтні (у випадку закону розподілу відмінного від нормального). Для аналізу зміни показника використано критерій Ст'юдента для пов'язаних вибірок (у випадку нормального закону розподілу) або критерій Т-Вілкоксона (у випадку закону розподілу відмінного від нормального). Для порівняння більш ніж двох груп використано дисперсійний аналіз (у випадку нормального закону розподілу) або критерій Крускала-Уолліса (у випадку закону розподілу відмінного від нормального). Постеріорні порівняння проводилися за відповідними критеріями множинних порівнянь. Для виявлення статистичного зв'язку між кількісними ознаками використано методи кореляційного аналізу, було розраховано коефіцієнт кореляції Пірсона (у випадку нормального

закону розподілу) або показник рангової кореляції Спірмена (у випадку закону розподілу відмінного від нормального).

Фактором вибору тактики хірургічного лікування у постраждалих із БТ був прогноз летального результату під час операції, анестезії, або інших хірургічних маніпуляцій. Для оцінки ефективності прогнозування ризику важкої травми та тяжкого стану постраждалого використані методи побудови кривих операційних характеристик (ROC) тесту. Було розраховано площу під ROC-кривою (AUC) та 95 % ДІ. Чутливість, специфічність, точність, позитивну прогностичну значимість та негативну прогностичну значимість методів визначали за стандартними формулами [89, 306, 312].

Критичний рівень значущості у всіх випадках прийнято рівним 0,05, ($p < 0,05$) [306, 312, 420].

2.9. Прикінцеві положення до розділу 2

Таким чином, обсяг дослідження 1014 постраждалих із БТ з розподілом на лікувально-діагностичні групи (І група) – несформована система етапного лікування та ІІ група (основна) – сформована система етапного лікування та медичної евакуації, а також модельний балістичний експеримент на біологічних (6 тварин), небіологічних об'єктах (чотири желатинові блоки) відповідали усім вимогам для медико-біологічного дослідження, що дало змогу досягти поставленої мети, виконати завдання, зробити об'єктивні висновки, дати практичні рекомендації.

За досвідом світових воєн та сучасних воєнних кампаній всі БУ вивчені в патологоанатомічних розтинах, де науковим матеріалом слугували загиблі, ампутовані кінцівки та інший біологічний, небіологічний матеріал. На пострадянському просторі представники військово-медичної академії рф проводили експериментальні дослідження, де вивчали балістичні властивості різних видів стрілецької зброї, фізичні основи вибуху, з подальшим застосуванням у бойових умовах. Однак важливим недоліком було відсутність «вітальної анатомії» – візуалізації БУ та ускладнень БТ. Перше

повідомлення про застосування комп'ютерної томографії для ретроспективної оцінки діагнозу та лікування, «золотого стандарту» посмертної аутопсії БУ представлені в науковому повідомленні союзників [406]. Досвід радіологічної допомоги (рентгенологічної та комп'ютерно-томографічної) в бойових діях описаний в книзі американського радіолога Les Folio у 2010 році [253]. Застосування ультразвукового портативного приладу в тактичній медицині БТ подані в керівництві Невідкладної хірургії, з досвіду військових хірургів союзних країн партнерів, НАТО [103]. Експериментальне дослідження з виявлення візуально-балістичних ознак БУ із застосуванням променевих методів діагностики досягнуто у гострому модельному експерименті на біологічних об'єктах (козах) та небіологічних об'єктах (желатинових блоках). Такий експериментальний підхід надав можливість модельно зіставити, вітально та порівняльно застосовувати анатомічні, медико-візуальні та балістичні характеристики БУ у постраждалих із БТ, розробити діагностичні схеми-алгоритми МВБТ різної локалізації, прогнозувати виживання у сучасній війні, визначити фактори ризику летальних випадків, зв'язок ускладнень післяопераційного періоду в механізмі смерті та надати рекомендації.

Матеріали розділу відображені в наступних наукових публікаціях [13, 52, 97, 140, 159, 161, 147–149]:

1. **Гречаник О. І.,** Колосова І. В., Касьян О. В., Кот З. М., Гетьманська В. Г., Валерко О. Г., Красільников Р. Г. Актуальні питання ультразвукової діагностики при мінно-вибухових пораненнях. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць Головного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України. Київ, 2015. Вип. 22, ч. 1. С. 299–308.

2. Світличний Е. В., **Гречаник О. І.** Ультразвукова діагностика травми та її ускладнень : навч. посіб. Київ : СПБ Чалчинська Н. В., 2016. 216 с.

3. Хоменко І. П., Світличний Е. В., **Гречаник О. І.**, Мельник О. М., Тарасюк Б. А., Мурадян К. Р. Екстрені ультразвукові обстеження при травмі. FAST-протокол : навч. посіб. Київ : «Видавництво Людмила», 2018. 66 с.

4. Хоменко І. П., **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Казмірчук А. П., Цвігун Г. В., Кулікова Ф. Й., Красільников Р. Г, Савка І. С., Алексеєва Н. Б. Рентгенологічна діагностика бойової хірургічної травми : метод. реком. Київ : МП Леся, 2018. 40 с.

5. Моделювання вогнепальних поранень. Під загальною ред. В. І. Цимбалюка. – Харків : Вид-во, 2022. – 322 с.

6. Спосіб оцінки тяжкості пошкодження та стану постраждалого з вогнепальним та вибуховим пораненням в умовах бойових дій для прогнозу виживання : пат. 143329, Україна : А61В 6/00. № u202000303; заявл. 20.01.2020; опубл. 27.07.2020. Бюл. № 14.

7. Спосіб променевої діагностики вогнепальних ран в експерименті : пат. 141888, Україна : G09В 23/28, А61В 8/00, А61В 8/13. № u201911451; заявл. 26.11.2019; опубл. 27.04.2020. Бюл. № 8.

8. Спосіб ультразвукової діагностики при поєднаній абдомінальній травмі : пат. 117503, Україна : А61В 8/00. № u201700898; заяв. 01.02.2017; опубл. 26.06.2017. Бюл. № 12.

9. Бібік Т. А., **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я. Аналіз недоліків у наданні медичної допомоги військовослужбовцям у Національному військово-медичному клінічному центрі "Головний військовий клінічний госпіталь". Міжнародний медичний журнал. 2020. Том 26 №2(102). С. 77–80.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МВБТ У СУЧАСНІЙ ВІЙНІ

3.1. Методика та особливості проведення експериментального дослідження ушкоджуючої дії стрілецької зброї, вибухової хвилі, осколкового ураження на органи експериментальної тварини

Складність морфо-функціональних змін в організмі внаслідок вогнепальних поранень, значення своєчасної та якісної діагностики, балістична, організаційна, лікувальна, діагностична особливість дослідних груп, відсутність у провідних керівництвах з військової хірургії та радіології розділів з візуалізації, методик проведення досліджень, відсутність візуальних ознак бойової травми та ускладнень спонукало до здійснення модельного балістичного експерименту на біологічних та небіологічних об'єктах.

Перевагою МБЕ на КББІ було анатоמו-топографічне співвідношення порожнин (торакоабдомінальна, черевно-тазова, торако-кардіальна, абдомінально-тазова), що дозволило вивчити поєднані та множинні поранення, характер РК, прогнозувати міграцію металевих осколків та разом з вогнепальним ураженням небіологічних об'єктів вивчити та виявити візуально-балістичні ознаки БТ.

До початку експерименту всі тварини знаходилися у віварії в умовах 10-денного карантину. Тварини обох серій експерименту попередньо мали 0 балів по *Neurologic Severity Score* (NSS) [284]. Моніторинг контролю життєво важливих функцій організму, основних фізіологічних показників (тиску, серцевих скорочень) виконали інвазивним методом під контролем ультразвуку та ехографічних зображень внутрішніх органів після встановлення інтрод'юсера 6-Fr в праву яремну вену, що також застосували для інфузій (рис. 3.1, 3.2). Для проведення МБЕ у КББІ вивчили АФЗ з рентген-КТ-анатомії зразків тварин. Перед здійсненням пострілів через встановлений катетер у яремну вену влили розчин тіопенталу натрію в розрахунку 2 мг/кг сухої речовини на фізіологічному

розчині, ввели тварину в наркотичний сон та зафіксували на балістичному столі (додаток А2).

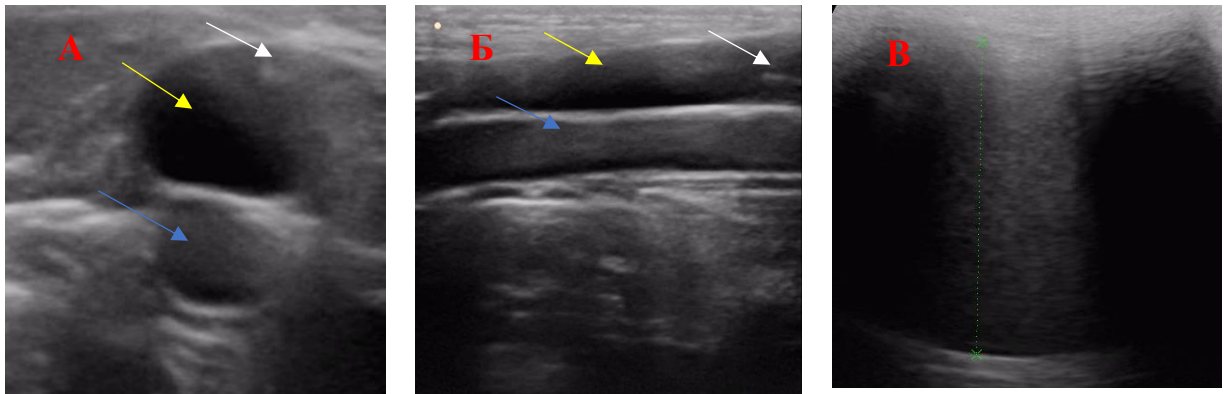
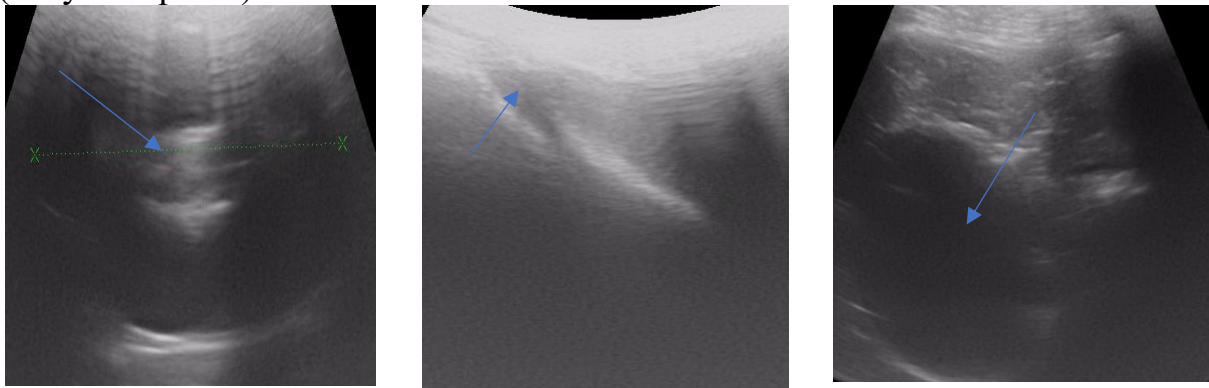


Рис. 3.1. Ехограма судин шиї та печінки тварини. Катетеризація яремної вени під УЗД контролем: А – поперечний зріз. Б – поздовжний зріз. Катетер (біла стрілка); яремна вена (жовта стрілка); загальна сонна артерія (голуба стрілка). В – печінка



нирка

жовчний міхур

сечовий міхур

Рис. 3.2. УЗД внутрішніх органів дослідної тварини

Критерієм рівня наркозу слугували зниження виразності рогіткових миготливих рефлексів і тонуусу скелетних м'язів (додатки А1–А4, А8). Із застосуванням променевих методів діагностики було встановлено, що анатомічна, топографічна локалізація органів грудної, черевної порожнини, таза, заочеревинного простору, середостіння ідентична до такої людини, що обґрунтувало застосування органоконструкцій анатомо-функціональних зон біологічних імітаторів (додаток А1).

Також на МДКТ в кістковому режимі та 3D об'ємного рендерингу представлено незмінену структуру черепа козлика з відсутністю переломів кісток фаціального, мозкового черепа та змін речовини мозку. Нормальна

рентген- і КТ-анатомія зразків дозволили виявити візуально-балістичні ознаки бойових ушкоджень після здійснення вогнепального ураження (додаток А3).

3.2. Методи та методики медичної візуалізації вогнепальних поранень в умовах МБЕ

Після пострілів по експериментальних зразках провели невідкладну МВ (променеву діагностику), що базувалася на РГ, УЗД, МДКТ (додатки А1, А3). Органи черевної порожнини і заочеревинного простору як людини, так і дослідної тварини, на відміну від органів грудної клітки, майже не містили анатомічних структур із великою різницею поглинання рентгенівських променів. Тому після оглядової рентгенографії тулуба дослідної тварини застосували штучні контрастні речовини у РК різних АФЗ (додаток А8). Для цього у вхідні отвори РК вставили катетер та зафіксували його кисетним швом до шкіри. Далі під'єднали 50-грамовий шприц для введення 76 % Тріомбразу у вхідні отвори РК. Після закінчення введення пережали затискачем катетер та провели РГ в прямій та бічній проєкціях щодо РК (рис. 3.3). Дослідним тваринам провели оглядову рентгенографію голови, шийного відділу хребта, живота, грудної клітки, таза в косій та бічній проєкціях, тому що пряма проєкція була обмежена при укладках (додаток А8).

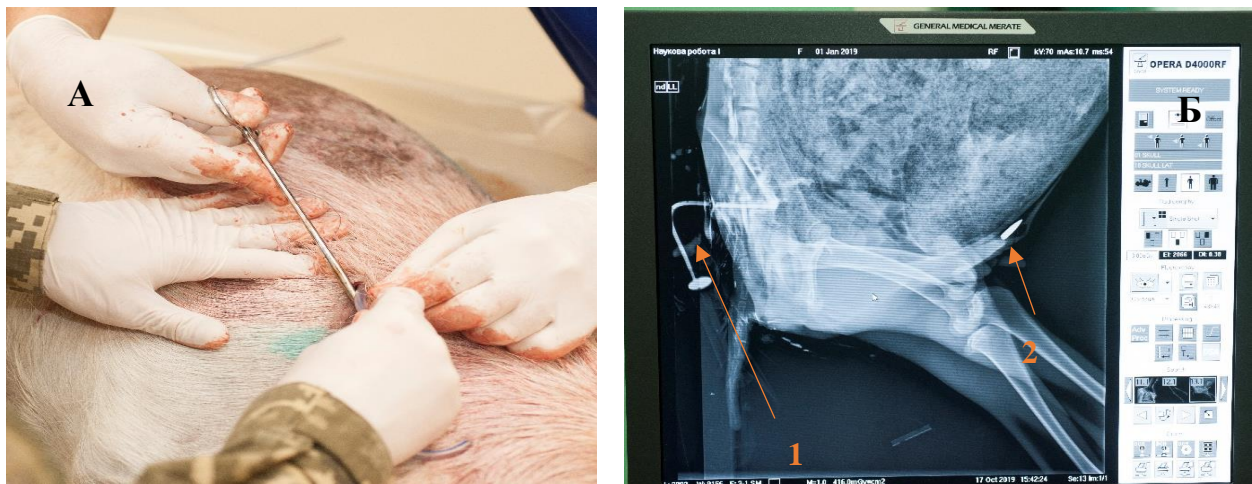


Рис. 3.3. Вульнерографія тазово-абдомінальної АФЗ: А – фіксація катетера до шкіри. Б – вигляд з екрану монітора. Бічна проєкція: 1 – катетер з контрастом у РК; 2 – БК під передньою черевною стінкою

На оглядовій рентгенограмі черевної порожнини, таза низька рентгеноконтрастність органів тварини не дозволила достовірно і чітко визначити патологічні зміни, межу між органами та структуру окремого органа. Діагностичну інформацію надавала пневматизація шлунково-кишкового тракту, але й вона була нестабільною, враховуючи обмежені укладки тварини, що значно знижували діагностичну цінність методу. УЗД застосували як для сонографічної навігації катетеризації яремної вени, ехоструктурного вивчення внутрішніх органів, так і для визначення та вивчення АФЗ зразків у ході МБЕ. Після проведення оглядової рентгенографії голови, шиї, хребта, грудної клітки, живота, таза в прямій, бічній, косій проєкціях, латеропозиції, вульнерографії (фістулографії) виконали МДКТ, сканували голову, грудну клітку, живіт, таз, кінцівки (*Full Body Scan*) (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд тварини при виконанні МДКТ всього тіла для уточнення характеру і тяжкості вогнепальної та невогнепальної травми

Діагностичні спроможності застосування рентгенографії, МДКТ та визначення ефективності даних методів променевої діагностики на етапі надання високоспеціалізованої хірургічної допомоги досліджували на шести зразках біооб'єктах – кози зааненської породи вагою 35–43 кг у ході МБЕ.

3.3. Балістична характеристика зразків вогнепального ураження під дією різних видів стрілецької зброї та заброневої перешкоди в умовах експерименту

Характер, локалізація, тип БТ відрізнялися при застосуванні БК різного калібру, видів патронів, заброневої перешкоди, швидкостей БК, дистанції пострілів. За результатами балістичних випробувань дві серії дослідних тварин розділися (I серія – відкриті АФЗ; II серія – заброневі умови):

I серія: зразок №1 (ураження БК автоматного патрона 7Н10 калібру 5,45×39 мм на змодельованій дистанції 10,3 м), 7 пострілів (5 сліпих РК, 2 наскрізні РК): цервіко-краніальна зона – 1 (сліпий РК); торакальна зона – 1 (сліпий РК); кардіальна зона – 1 (сліпий РК); торакоабдомінальна зона – 2 (сліпі РК); абдомінальна зона – 1 (наскрізний РК); краніальна зона – (наскрізний РК) (додаток А2).

I серія: зразок № 2 (ураження кулею Б-32 гвинтівкового набою 7,62×54R на змодельованій дистанції близько 300 м), 4 постріли (3 сліпих, 1 наскрізний РК): кардіальна АФЗ – 1 (сліпий РК); абдомінальна АФЗ – 1; тазово-кульшова зона – 1 (наскрізний РК); тазово-абдомінальна – 1 (сліпий РК); (додатки А2, А8).

II серія: зразок № 3 (уражено БК 12,7 мм при моделюванні осколкового направленою вибуху), 2 постріли (ділянки розтрощення тканин КББІ): лобна кістка, краніальна АФЗ – 1 (сліпий РК); тулуб, торакоабдомінально-тазова АФЗ – 1 (наскрізний РК).

II серія: зразок № 4 (уражено БК калібру 9,0 мм на змодельованій дистанції близько 30 м), 4 постріли непробиття бронежилета 4 класу захисту (абдомінальна, тазова, кардіальна, торакоабдомінальна АФЗ).

II серія: зразок № 5 (уражено БК калібру 5,45×39 мм на змодельованій дистанції 10,3 м), 3 постріли: тазово-кульшова АФЗ – 1 (сліпий РК); абдомінальна АФЗ – 1 (БУ без РК); торакоабдомінальна АФЗ – 1 (БУ без РК).

II серія зразок № 6 (уражено БК гвинтівкового набою 7,62 мм на змодельованій дистанції близько 300 м), 2 постріли: краніальна АФЗ – 1 (наскрізний РК); абдомінальна АФЗ – 1 (БУ без БК).

Після здійснення пострілів у різні АФЗ дослідні тварини шести зразків не подавали ознак життя, що по шкалі NNS складало 32 бали та відповідало тяжкому ушкодженню головного мозку, а у деяких смерті. Для експертного підтвердження непробиття бронежилета 4 класу при пострілах з ПМ БК калібру 9,0 мм у захищені ділянки живота, таза, кульшових суглобів зразка № 4 рентгенологічним методом у прямій проєкції встановлено непробиття (до пострілів було відсутнє пошкодження пластин, а після пострілів БК візуалізувалися на пластині), що засвідчило про захист від ураження БК 9,0 мм ПМ (рис. 3.5).

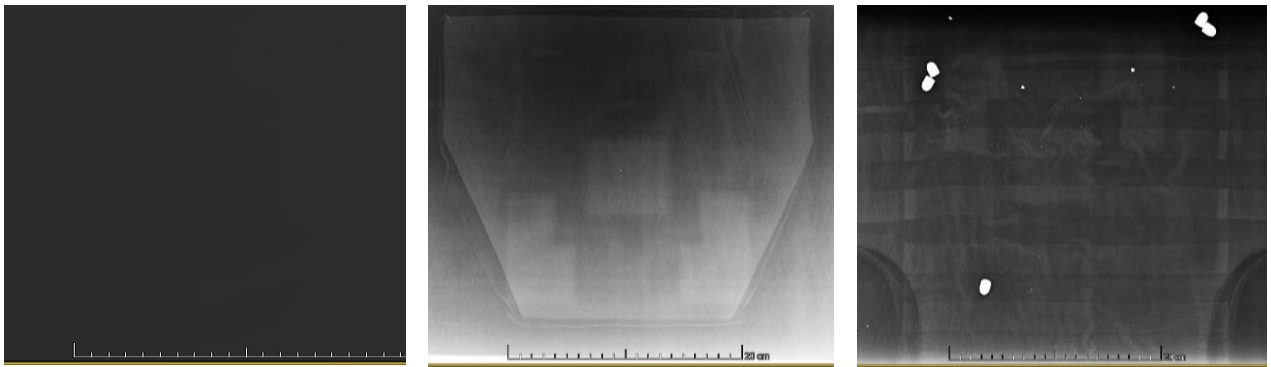


Рис. 3.5. Рентгенограми бронежилетів 4 класу для захисту внутрішніх органів

Після аналізу балістичних випробувань зразків № 1, № 2, № 3, № 5, № 6 (зразок № 4 непробиття бронежилета 4 класу БК 9,0 мм) з 22 пострілів встановлено 18 БУ різних локалізацій АФЗ, з них: загалом БУ без РК – 3 випадки; наскрізних РК – 5 випадків; сліпих РК – 10 випадків. Така кількісна перевага сліпих поранень свідчила про необхідність введення контрасту у вхідні отвори РК та проведення вульнерографії (фістулографії) з гібридною методикою оглядової рентгенографії грудної, черевної порожнини, таза, проєкцій кульшових суглобів. Вхідні отвори РК заповнили йодовмісним рентгеноконтрастним засобом Тріомбрасом у кількості 20–40 мл у кожний РК.

Тяжкість поранень сучасними малокаліберними БК 5,45×39 мм індекс 7Н10, пов'язана з їх малою масою (3,6 г), високою початковою швидкістю і відхиленням від прямолінійного руху в тканинах та нутації. Початкова середня швидкість БК у відкриті АФЗ дослідної тварини, що викликало наскрізні РК,

була 881 м/с та 878 м/с, у захищені ділянки складала 678–695 м/с. При пострілах із автомата АК-74, БК калібру 5,45 мм, вхідний отвір ВР складав 10 мм, вихідний 12 мм (за рахунок перекидання кулі в КББІ). Із РК зразка 1 виділялася жовч, сеча, кров відповідно до локалізації, що свідчило про проникне поранення. При пострілах зі СГД (калібр 7,62 мм, швидкість БК 698–866 м/с) були сліпі РК, вхідний отвір складав 12 мм. Вихідний отвір наскрізного РК був 140–170 мм при швидкості кулі 700 м/с. При пострілах із ПМ кулею калібру 9,0 мм на шкірі в оголених ділянках визначився незначний дефект відшарування епідермальної частини на 1–2 мм, без крововиливів в підшкірній клітковині. Заброневая дія контузійного ефекту БК калібр 7,62 мм (відстань 300 м) проявилася випадінням прямої кишки, витіканням крові та серозної рідини з анального отвору зразка №6. При пострілах великокаліберними БК 12,7 мм спостерігали руйнацію та фрагментацію не тільки заброневої пластини товщиною 19 мм на фракції осколків, а й значні тяжкі БУ відмічених АФЗ зразка № 3. Вхідний отвір був неправильної геометричної форми розміром 19 мм і більше з нерівними краями, значним дефектом шкіри, волосяного покрову, з рани виступали дрібні кісткові уламки розміром 4–8 мм, сіро-білого та чорного кольорів, що клініко-візуально підтверджувало некроз. Балістичний зразок № 5 був представлений БУ без РК з різними поверхневими дефектами тканин. У ранах зразка № 6 були металеві осколки різних розмірів, форми, кольору. Узагальнення характеру ушкоджуючої дії різних видів стрілецької зброї на дослідну тварину у відкриті АФЗ та заброневої перешкоди представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Характер ушкоджуючої дії стрілецької зброї та заброневої перешкоди

Характер вогневої ушкоджуючої дії	Вид зброї, калібр, умови застосування			
	ПМ 9,0 мм	АК-74 5,45 мм	СГД 7,62 мм	НСВТ 12,7 мм
Діаметр вхідного отвору, мм	5	10	12	17 <
Діаметр вихідного отвору, мм	9	12	140, 170	-
Вогнепальна рана	+	+	+/-	-
Відсутність вогнепальної рани	-	-	+/-	+
Внутрішні ушкодження	+	+	++	+++
Зовнішні ушкодження	+/-	+/-	++	+++
Множинна, поєднана травма	-	++++	+++	++++++

Як видно з табл. 3.1, діаметр вхідних та вихідних отворів залежав від калібру БК при пострілах з різних видів зброї. Тяжкість та кількість ушкоджень внутрішніх органів балістичних зразків збільшувалася відповідно до тактико-технічних характеристик вогнепальної зброї. Відсутність вогнепальної рани у заброневих умовах при застосуванні середньо- та великокаліберних БК відповідало контузійній дії та руйнації внутрішніх органів зразків з множинними та поєднаними ушкодженнями. Наскрізні РК при ураженні БК 5,45 мм 7Н10 свідчили про високу ушкоджуючу дію на коротких дистанціях.

3.4. Медична візуалізація, контроль експериментальних балістичних зразків

На розтині шкіра кози зааненської породи, вагою 35–45 кг, в ділянках спини і крупа була товщиною до 3–4 мм, легені великого об'єму з крупними діафрагмальними частками. Плевральна порожнина розділена двома міцними листками середостінної плеври. У печінці визначено три частки – ліву, праву, хвостату. Нирки біологічної моделі були гладенькі, бобоподібної форми, добре фіксовані. УЗД зразків проводили в оголених ділянках черевної стінки, однак візуалізація була обмеженою у зв'язку з емфіземою тканин та розповсюдженим пневмоперитонеумом, гемопневмотораксом (рис. 3.6). Застосування контрасту (Тріомбраст) у вхідні отвори РК передньої, бічних поверхонь черевної стінки, нижньо-бічних поверхонь грудної клітки, тазово-кульшової зони забезпечили візуалізацію анатомічних структур та розповсюдженість контрасту за межі ушкоджень (рис. 3.7).

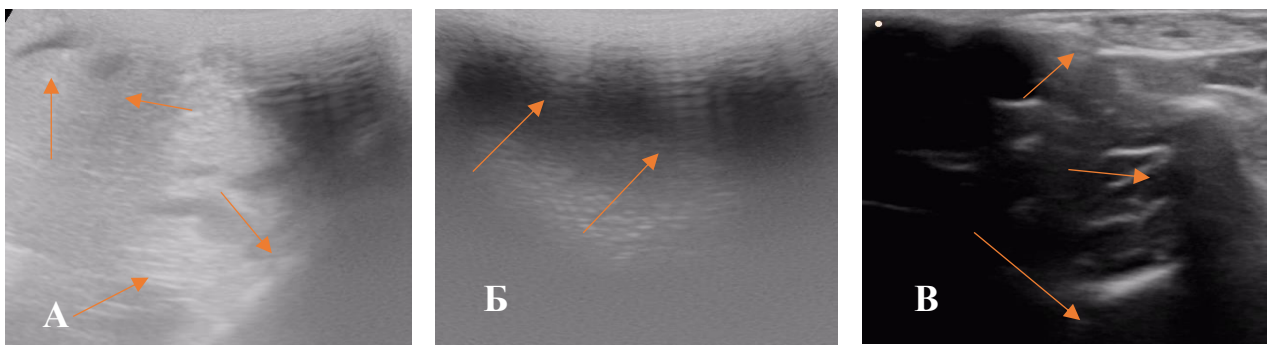


Рис. 3.6. Візуальні ознаки ушкоджень. УЗД: А – ділянки гематом печінки. Б – пневмоперитонеум. В – емфізема тканин шиї

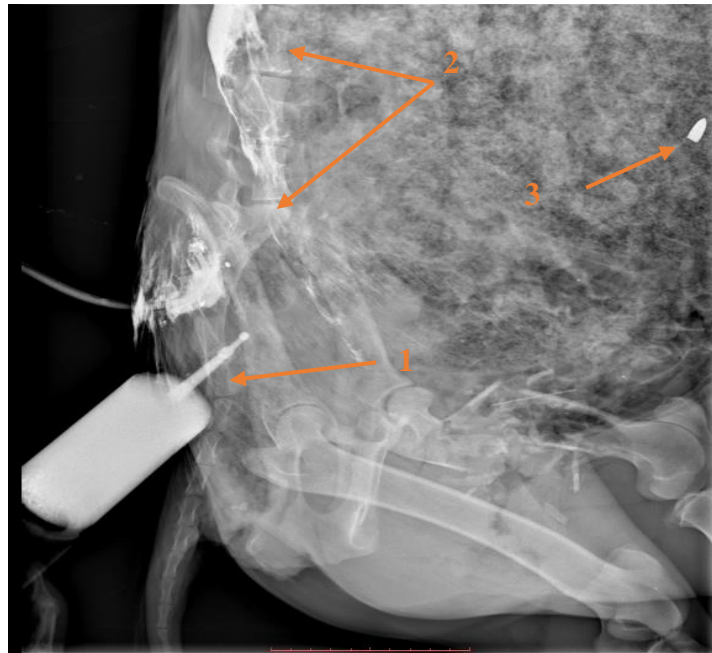


Рис. 3.7. Вульнерографія тазово-кульшової зони: 1 – ємність з рентгеноконтрастом; 2 – порожнини затікання контрасту; 3 – фрагменти БК в черевній порожнині

Як видно з рис. 3.7, йодовмісний рентгеноконтрастний засіб, що вводили у РК при фістулографії та оглядовій РГ, поступав за межі РК у порожнини КББІ. В черевній порожнині верифікувалися СТВП (куль, околки).

Без застосування штучного контрастування РК рентгенологічний метод дослідження обмежився тільки визначенням СТВП (куль, осколків), СТНВП (кісткових уламків), зміною форми ушкоджених органів, локалізацією повітря в черевній, грудній порожнинах, а також можливим припущенням про наявність вільної рідини. На оглядовій рентгенограмі черевної порожнини, таза низька рентгеноконтрастність органів не дозволила достовірно і чітко визначити патологічні зміни в них, межу між органами та структуру окремого органа. Пневматизація шлунково-кишкового тракту та пневмоперитонеум знизили діагностичну інформативність та обмежили діагностичну цінність рентгенологічного методу. Після проведення оглядової РГ голови, шиї, хребта, грудної клітки, живота, таза в прямій, бічній, косій проєкціях, латеропозиції виконали МДКТ зразкам КББІ в режимі сканування всього тіла (*Full Body Scan*) (рис. 3.8).

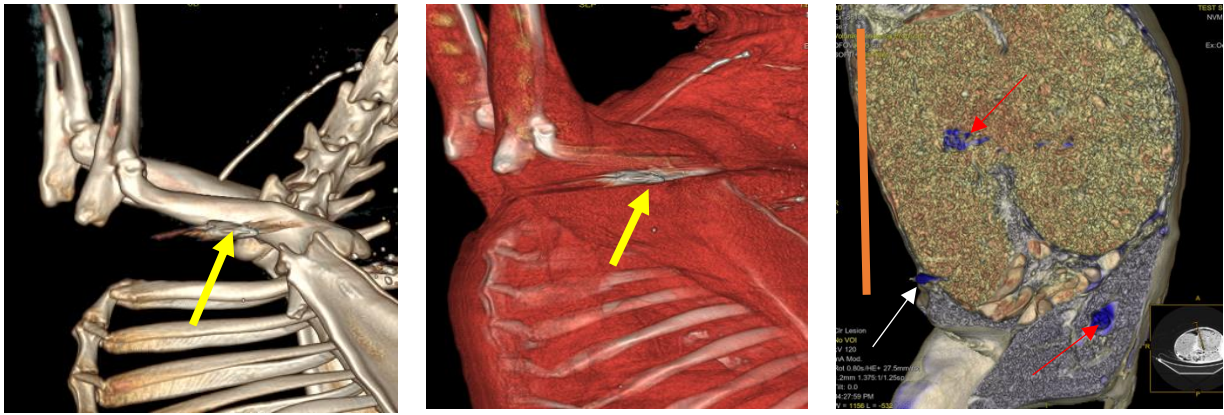


Рис. 3.8. МДКТ зразка КББІ вогнепального ураження стрілецькою зброєю. 3D реконструкція. Куля калібру 5,45 мм індекс 7Н10 (жовта стрілка). Зображення 3D рендеринг. СТВП, куля (жовта стрілка). Помаранчева лінія – бронепластина. Відкольний фрагмент кулі 7,62 мм (біла стрілка). Контраст в черевній порожнині, тазово-кульшовій АФЗ (червона стрілка)

На рис. 3.8 подано зображення зразка у 3D рендерингу дозволило вивчити фрагмент БК (жовта стрілка) та затікання контрасту в черевну порожнину, міжпетельно, у порожнину кульшового суглоба (червона стрілка). Встановлено, що рентгенівська щільність БК 5,45 мм 7Н10 та контрасту були однакові: фрагмент кулі 3071 од. НУ, незміненого контрасту 3070 од. НУ, що свідчило про не змішування контрасту з біологічними речовинами та загибель зразка. З отриманих результатів у гострому модельному експерименті обгрунтовано ефективність променевої діагностики вогнепальних поранень внаслідок різних видів стрілецької зброї із різнокаліберними БК, заброневої перешкоди, яку базували на результатах оглядової РГ, контрастуванні РК (вільнерографії, фістулографії), та гібридну методику МДКТ із контрастованими РК. Враховуючи характер, локалізацію вогнепальних поранень зразків виникла необхідність візуального оцінювання та виявлення візуальних ознак БУ.

3.5. Візуально-балістичне оцінювання вогнепальних поранень експериментальних зразків

У сучасних збройних конфліктах та російсько-українській війні зустрічаються проникні та непроникні поранення, ушкодження вибуховою хвилею (контузії), тупі травми внаслідок метальної дії, осколкові ураження,

опіки, обмороження [25, 26, 45, 79, 299, 300, 391]. Перевага запропонованого КББІ полягала у гетерогенному середовищі, тому БК, забронева перешкода викликали поранення та травми з механічними ушкодженнями та багатофакторним впливом шляхом переносу на поверхню зразків кінетичної енергії (БК, осколка, гідродинамічного удару, бризантної дії, інших факторів). Така енергія викликала ушкодження, розрив, деформацію тканин із формуванням сліпих, наскрізних РК та ділянок БУ без РК.

Зовнішній вигляд КББІ не відповідав тяжкості поранень, травм. Так, за маленькими вхідними або вихідними отворами, або їх відсутності ховалися значні БУ внутрішніх органів. Характер, локалізація, тяжкість БУ відкритих АФЗ залежали від балістичних характеристик БК (маси, швидкості, дистанції пострілів), а при заброневій дії від фактора пробиття або непробиття ЗІЗ (бронезилета), товщини броневої пластини, маси, швидкості відкольних осколків. Тому виникла необхідність контрастувати порожнини та верифікувати СТВП (кулі, осколки), СТНВП (кісткові уламки), прогнозувати їх міграцію. Адже експеримент показав, що не було нетравматичних змін органів і тканин, крім як при вогневому ураженні кулею 9,0 мм із ПМ у заброневих умовах. Балістичні характеристики зразків КББІ були доповнені візуальним оцінюванням БУ внутрішніх органів.

Рентгенограми КББІ зразка №1 представлені на рис. 3.9. Візуальна оцінка вогнепального проникного осколкового поранення краніо-цервікальної АФЗ зразка №1 відповідала тяжкій БТ, враховуючи поєднання вогнепальної рани із переломами та ушкодженнями життєво важливих структур. Поранення АФЗ органів (серце, мозок, магістральних судин, сонних артерій) спричиняють смерть вже на полі бою. Даний висновок зроблено на підставі застосування БК калібру 7,62 мм, при пострілі з СГД в голову зразка, що викликало поліструктурні ушкодження несумісні з життям.

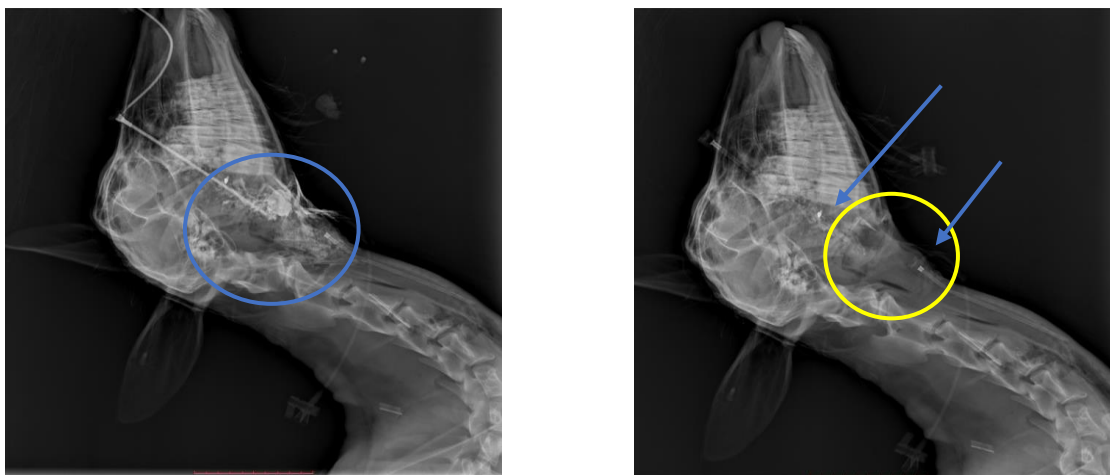


Рис. 3.9. Рентгенограма голови, шії дослідної тварини. Вульнерографія краніо-цервікальної зони – контрастована обмежена порожнина в зоні поранення м'яких тканин шії, глотки, дна порожнини рота 25 мм в діаметрі (голубе коло). Осколкове поранення дна порожнини рота (жовте коло), з наявністю осколків 6,69x3,0 мм, 5,62x2,5 мм, з розтрощенням м'яких тканин цієї зони, а також глотки, переднього відділу шії на рівні першого шийного хребця – атланта

Візуально-балістичне оцінювання поєднаного вогнепального проникного осколкового поранення голови, хребта (краніо-цервікальна АФЗ) із застосуванням МДКТ без контрастування голови, хребта подано на рис. 3.10, 3.11.

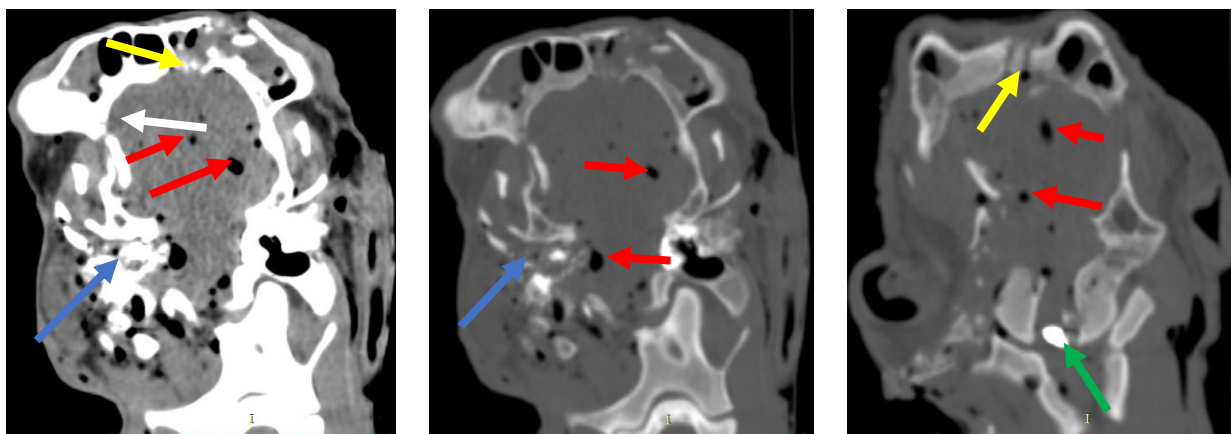


Рис. 3.10. МДКТ. Вогнепальне поранення потиличної ділянки голови (фрагмент БК 7,62 мм). Мозковий режим. Кістковий режим. Уламковий перелом передньої, задньої стінки лобної пазухи зліва (жовта стрілка) багатоуламковий перелом виличної та скроневої кісток з переходом на основу черепа (голуба стрілка); пневмоцефалія (червона стрілка); стороннє тіло, осколок в проекції атланта-окципітального сполучення, у хребтовому каналі, щільність 3059 од. НУ (зелена стрілка); субарахноїдальний крововилив САК, щільність 59 од. НУ (біла стрілка)

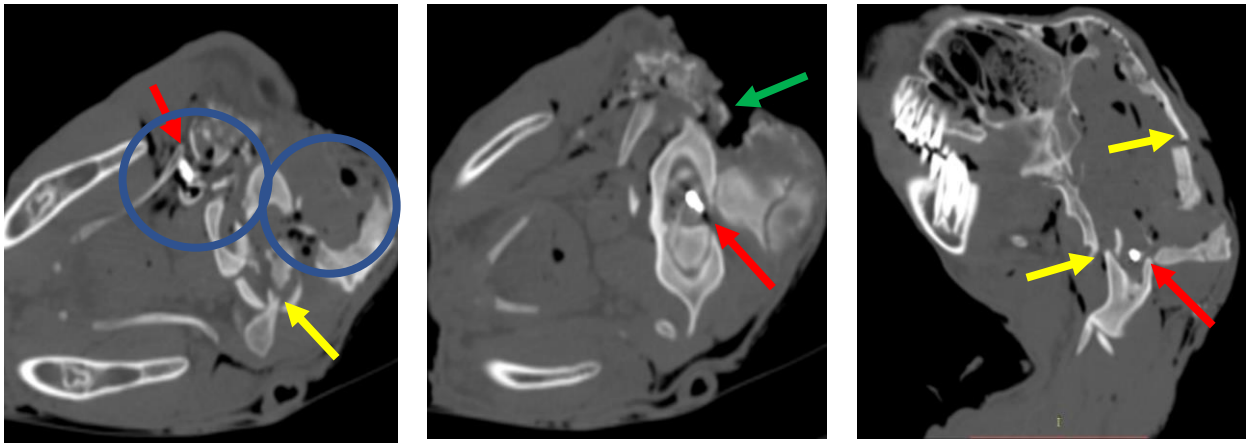


Рис. 3.11. Вогнепальне осколкове поранення краніо-цервікальної зони. Поранення хребта та спинного мозку. Кістковий режим. Осколок у хребтовому каналі шийного відділу хребта (червона стрілка); паравертебрально міхурці газу у РК (коло); багатоуламковий перелом кісток склепіння та основи черепа (жовта стрілка); дефект м'яких тканин шиї (зелена стрілка); металевий осколок в хребтовому каналі, щільність 3058 од. НУ (червона стрілка)

Як видно з рис. 3.10, 3.11, візуально-балістичні ознаки краніо-цервікальної АФЗ наступні: 1) вогнепальний багатоуламковий перелом кісток мозкового, фаціального черепа, 2) пневмоцефалія; 3) СТВП у хребтовому каналі, м'яких тканинах шиї, металеві осколки; 4) паравертебральні міхурці газу у РК. На рис. 3.12 показано поєднаний, множинний характер БТ абдомінальної, тазово-абдомінальної, тазово-кульшової АФЗ складного, поєднаного типу при застосуванні високошвидкісних БК 5,45 мм індекс 7Н10.

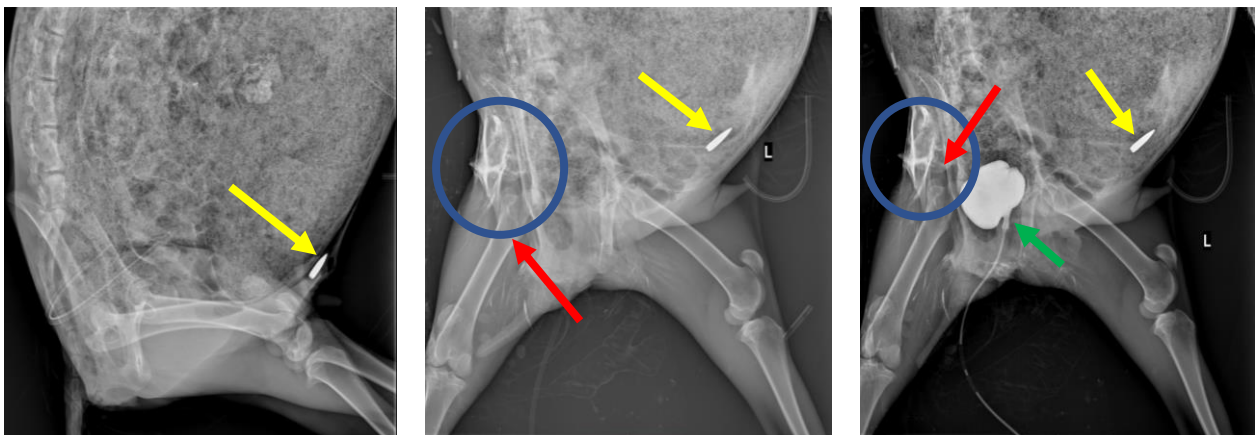


Рис. 3.12. Рентгенограми, вульнерографія (фістулографія), абдомінальної, тазово-кульшової анатомо-функціональних зон. Кульове проникне поранення передньої стінки живота. БК 26,48x5,2 мм (калібру 5,45 мм, патрона 7Н10), розташована підшкірно до апоневрозу в нижньому відділі на рівні кульшових суглобів (жовта стрілка).

Вхідний отвір, абдомінальна АФЗ. Сліпий РК. Рентгенограма в лівій косій проєкції. Контрастована обмежена ділянка (порожнина) 86x17 мм після проникного кульового поранення правої поперекової ділянки (коло), перелом кісток лівого кульшового суглоба (червона стрілка). Контрастована порожнина сечового міхура за допомогою сечового катетера – форма міхура звичайна, при тугому заповненні стінки рівні, чіткі, рентгенологічних ознак ушкодження цілісності не виявлено (зелена стрілка). Контрастована обмежена ділянка 86x17 мм в правій поперековій зоні (після кульового проникного поранення) (коло)

Як видно з рис. 3.12, при рентгеноконтрастному дослідженні встановлено поєднане, множинне поранення КББІ. Візуалізовано кульове поєднане поранення тазово-абдомінальної, тазово-кульшової АФЗ з переломами кісток та ушкоджень внутрішніх органів. Додатково при пораненні таза було ретроградно контрастовано сечовий міхур для діагностики його ушкодження (цілісність сечового міхура збережена, зелена стрілка).

Тяжке множинне БУ тканин, із поєднанням ушкодженням декількох анатомічних порожнин, представлено на рентгенограмі з вульнерографією вхідного отвору РК у торако-кардіальній АФЗ. Клінічно, оглядово визначили велику рану кардіальної АФЗ (рис. 3.13).

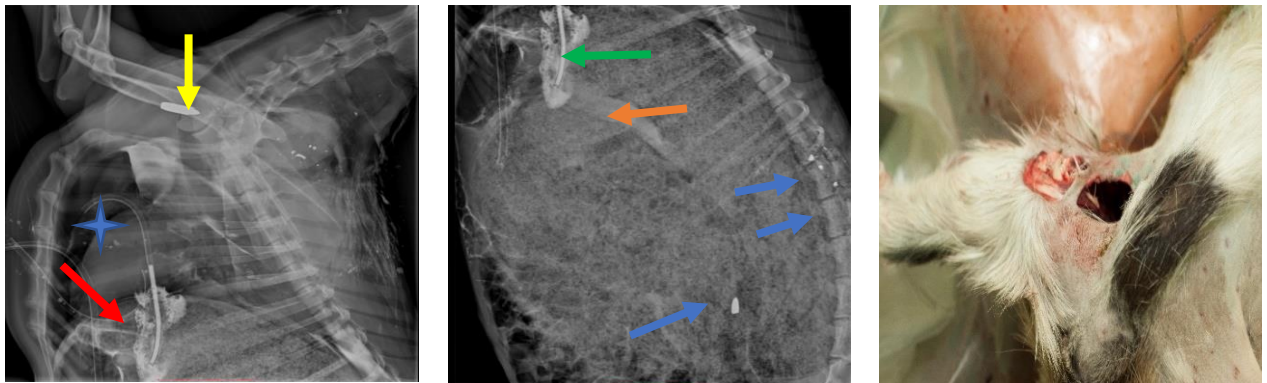


Рис. 3.13. Вогнепальне осколкове проникне поранення грудної, черевної порожнини, заочеревинного простору, середостіння. Вхідний отвір, кардіальна зона. Вогнепальне ураження БК 7,62 мм (Б-32). Сліпий РК. Куля БК 7,62 мм (жовта стрілка); металеві осколки грудної, черевної порожнин, паравертебрально (голуба стрілка); ушкодження діафрагми (червона стрілка); контрастовано торако-кардіальна АФЗ (зелена стрілка); пневмоторакс (зірочка); затікання контрасту у середостіння, заочеревинно (помаранчева стрілка). Зовнішній вигляд вхідного отвору у кардіальній зоні (вміщується 2 пальці)

Рентгенологічно після контрастування РК кардіальної ділянки діагностовано поєднане проникне вогнепальне поранення торакальної, кардіальної анатомо-функціональної зони та черевної порожнини.

Як подано на рис. 3.13, рентгенологічно верифіковано СТВП (куля, осколок), попадання контрасту в суміжні порожнини, заочеревинний простір, вогнепальні переломи та маркери БУ (емфізему тканин, пневмоторакс, пневмомедіастинум, міжпетельну рідину). На рис. 3.13 подано дотичне кульове поранення краніо-цервікальної АФЗ, постріл з АК-74 БК калібру 5,45 мм, з дефектом шкіри, покрову. Рентгенологічно встановлено осколки, емфізема м'яких тканин та не можливо було виключити переломи хребців (рис. 3.14).

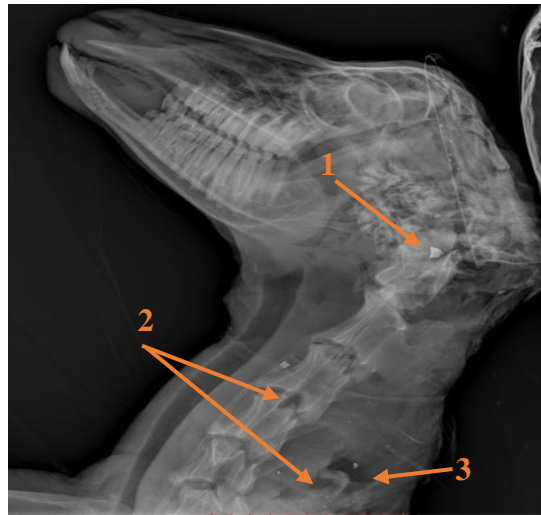


Рис. 3.14. Дотичне кульове поранення голови експериментальної тварини: 1 – металеві осколки в проєкції кам'янистої частини скроневої кістки, на рівні I-го шийного хребця 8x4 мм; 2 – чисельні дрібні осколки в м'яких тканинах задньої поверхні шиї; 3 – емфізема шиї

На бронепластинах при вогнепальному ураженні БК 9,0 мм з ПМ залишилися БК, тому бронезилет 4 класу неуразливий для вогневого ураження при пострілі з ПМ, що підтверджено на МДКТ органів грудної порожнини (рис. 3.15).

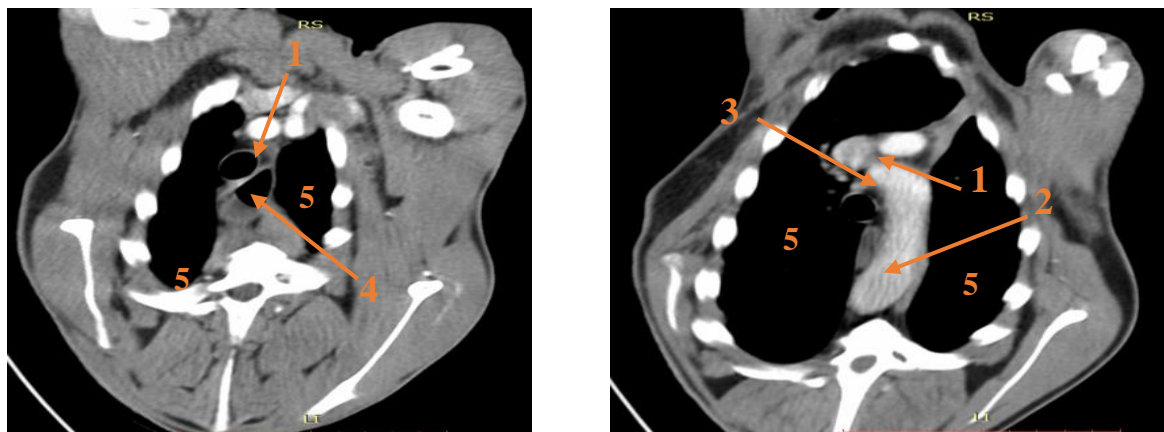


Рис. 3.15. МДКТ органів грудної порожнини в аксіальному зрізі у зразка № 4: 1 – трахея; 2 – висхідний відділ грудної аорти; 3 – дуга аорти; 4 – стравохід. 5 – легені

Томограми зразка № 5 КББІ з непробиттям бронезилета БК 5,45 мм у торако-кардіальній зоні представлено на рис. 3.16.

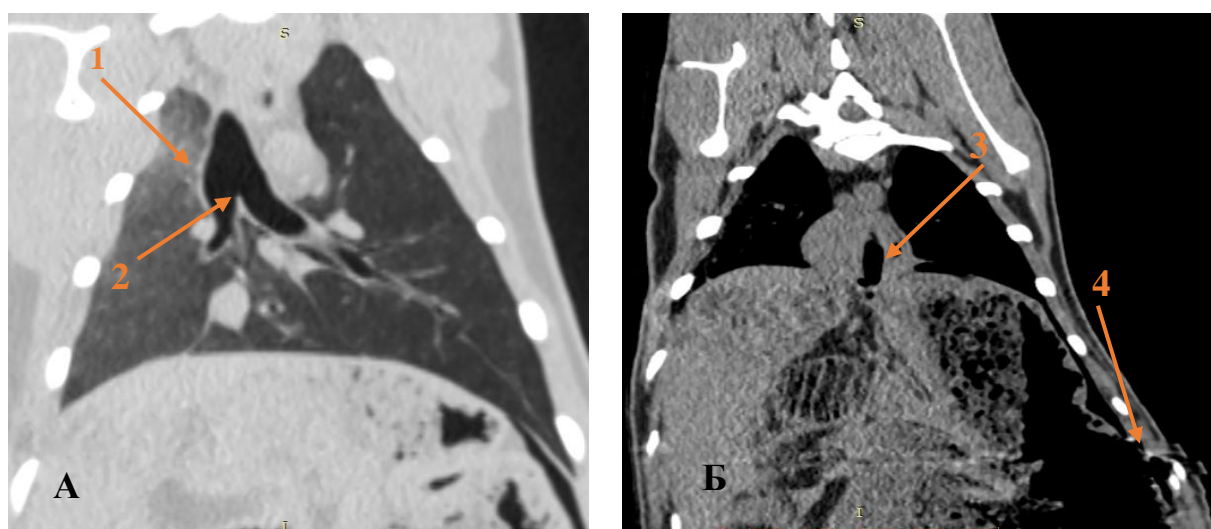


Рис. 3.16. Закрита травма грудної клітки. Забронева перешкода (бронезилет 4 класу). МДКТ: А – легеневий режим. Б – середостінний режим: 1 – забій правої легені, щільність -211 од. НУ; 2 – біфуркація трахеї; 3 – кила стравохідного отвору діафрагми; 4 – уламковий перелом ребра

Як видно з рис. 3.16, внаслідок ударної дії БК на шляху заброневої перешкоди (бронезилета) виникла забійна ділянка легеневої паренхіми, щільність – 211 од. НУ, уламковий перелом ребер без РК. У зразок №6 КББІ ураженого кулею Б-32 гвинтівкового набою 7,62×54R на змодельованій дистанції близько 300 м у заброневих умовах виникла закрита бойова травма. За результатами МДКТ у даного зразка №6 встановлено забій нижньої долі правої легені ВТЛ (рис. 3.17).

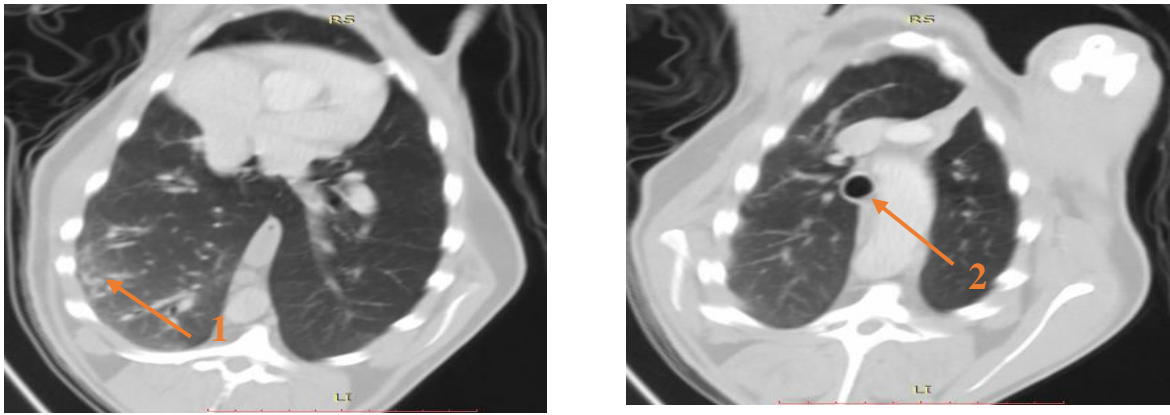


Рис. 3.17. МДКТ. ЗБТ. Невогнепальна травма легені (ВТЛ). Легеневий режим: 1 – забій нижньої долі правої легені, щільність – 216 од. НУ; 2 – трахея

При фізикальному обстеженні у зразка № 6 при пострілах із СГД БК калібру 7,62 мм у заброневих умовах було випадіння прямої кишки та витікання кров'янисто-серозного вмісту з анального отвору. Уразливість суміжних порожнин тіла, фізіологічних бар'єрів була спричинена розривною, пробивною, контузійною дією середньо- та великокаліберними БК, навіть коли ефект непробиття досягався високою якістю бронепластики. Зразок № 3 КББІ уражено БК калібру 12,7×108 мм на змодельованій дистанції 300 м із застосуванням броневих захисту товщиною 19 мм, з його пробиттям у торакоабдомінальній анатомо-функціональній зон (рис. 3.18).

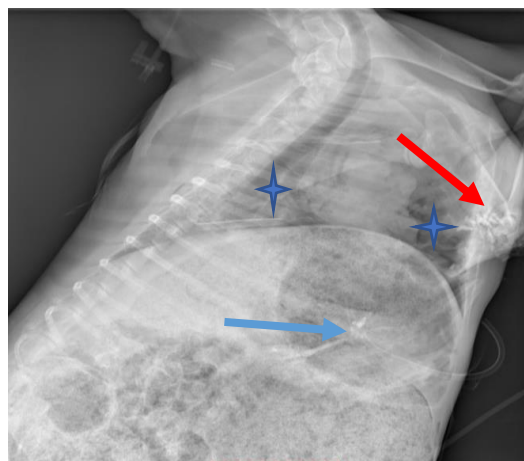


Рис. 3.18. Модель абдоміно-торакального поранення. Осколок 10x5,6 мм у верхньому поверсі черевної порожнини, осколок печінки (голуба стрілка). Вогнепальний перелом передньої кінцівки-внутрішньосуглобовий багатоуламковий перелом плечової кістки зі зміщенням дрібних уламків (червона стрілка). Пневмоторакс (зірочка)

Вогнепальне ураження було спричинене крупнокаліберною БК 12,7×108 мм, що продемонструвало осколково-вибухову дію. Встановлено візуальні ознаки БУ при застосуванні середньо- та великокаліберних БК: вогнепальні переломи ребер, плечової кістки, забій легеневої паренхіми, проникнення СТВП в черевну порожнину, СТНВП в м'які тканини, пневмоперитонеум, гідроперитонеум, пневмоторакс.

В експериментальних умовах була змодельована відкрита черепно-мозкова травма при застосуванні заброневої перешкоди бронепластини товщиною 19 мм (імітація корпусу бронемашини), пробиття БК 12,7×108 мм при обстрілі осколками на змодельованій дистанції 300 м (додаток А9).

Для підвищення ефективності невідкладної променевої діагностики БТ черепа з поліструктурними БУ різних його відділів, залученням кісткової та мозкової тканин, непрогнозованою траєкторією польоту БК 7,62 мм, розлітанням відкольних осколків броні під час пробиття бронепластини зразка №6 проведено МДКТ черепа та головного мозку (рис. 3.19).

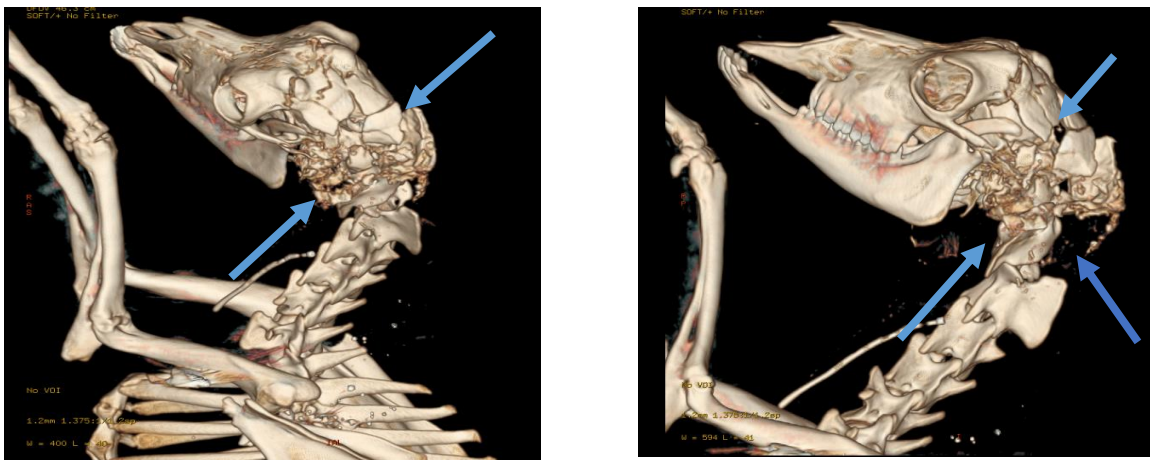


Рис. 3.19. Змодельована відкрита черепно-мозкова травма. Пробиття бронезахисту БК 7,62 мм. МДКТ. 3D реконструкція. Багатоуламковий перелом кісток скеліття та основи черепа. Травма несумісна з життям

Як видно з рис. 3.19, змодельовано у 3D об'ємному рендерингу вибухову відкриту черепно-мозкову травму голови. У 3D рендерингу змодельовано багатоуламковий перелом кісток скеліття та основи черепа, відкриту ЧМТ, яку можна порівнювати з ВТ, вибухом в укритті, у командно-спостережному пункті, у військовій техніці, тобто у закритому приміщенні. Візуально-балістичні ознаки

БУ голови: багатоуламкові переломи кісток фаціального та мозкового черепа, крововиливи у пазухи черепа, інтракраніальні СТНВП, пневмоцефалія, САК та забій головного мозку.

Медико-візуальний підхід дозволив враховувати балістичні властивості БК при проходженні в КББІ з утворенням множинних, поєднаних травм, ушкоджень двох та більше порожнин, з розповсюдженням та непрогнозованою міграцією металевих осколків, обшивків снарядів, кісткових уламків. Для деталізації візуально-балістичної характеристики (виявлення візуальних якісних та кількісних ознак БУ, рентгенівської щільності СТВП, СТНВП) застосували МДКТ без внутрішньовенного введення контрасту. А для контрастного підсилення МДКТ різних органів та систем КББІ попередньо було проведено оглядову РГ із вульнерографією, фістулографією РК, що подано на додатках А10, А11. Як слідує з додатка А10, щільність контрасту, що потрапив у грудну порожнину, середостіння, перикард, заочеревинно була високою, однорідною, без домішок крові або порожнинних випотів (+3070 од. НУ), що свідчило про загибель зразка до проведення МДКТ. Даний приклад обґрунтував гібридний метод застосування контрастної МДКТ у важкопоранених, травмованих для їх сортування, у зв'язку з тяжкістю травми та для скорочення діагностичного періоду. На додатку А11 демонстрували експериментальну модельну БТ внутрішніх органів із виявленими візуальними ознаками БУ. На додатках А10, А11 представлені БУ від контузійної, пробивної, розривної дії БК 7,62 мм та пробивної, розривної дії БК 5,45 мм із розривом фізіологічних бар'єрів (плеври, очеревини). Як слідує з додатків СТВП, осколки від сталевих оболонок БК 7,62 мм, 5,45 мм потрапили у внутрішні органи, спричинили їх поранення, контузію, внутрішньочеревну кровотечу (пневмоперитонеум, гемоперитонеум). Проникне кульове поранення торако-кардіальної АФЗ від дії БК 5,45 мм спричинило пневмоторакс та БУ серця із затіканням контрасту в середостіння, перикардіальну сумку, гематоми та газ у камерах серця. Візуально-балістичні модельні приклади показали, що зображення у кістковому режимі дозволило візуалізувати переломи кісток таза, СТВП, СТНВП, множинні міхурці газу у РК

та затікання контрасту в порожнини (середостіння, перикард, кульшовий суглоб), вогнепальні переломи кісток передніх та задніх кінцівок, що також продемонструвало багатофакторну дію БК 12,7 мм, 7,62 мм, 5,45 мм.

Отже, з поданих томограм у різних режимах та зрізах (легеневий, кістковий, паренхіматозний, аксіальний, сагітальний, коронарний, 3D реконструкції, інші), візуальний аналіз проводили індивідуально у кожному окремому клінічному випадку, що свідчить про унікальність окремої анатомічної моделі.

3.6. Патоморфологічна характеристика вогнепальних ран та ушкоджених органів внаслідок вогнепального ураження різними видами стрілецької зброї та заброневої перешкоди

Патоморфологічні характеристики поранень, ділянок БУ при ЗБТ були вивчені при макроскопічних та мікроскопічних дослідженнях. Критерії опису у зразках двох серій відповідно до аналізу судово-медичних експертиз наступні: розмір рани (мм), опис вхідного отвору на шкірі в локальних АФЗ КББІ (краніо-фаціальна, цервіко-краніальна, торако-кардіальна, торакоабдомінальна зони, інші), пасок осадження, вид РК – сліпий, наскрізний, якщо сліпий, тоді опис форми РК, наявність фрагментів СТВП, СТНВП, кількість, розмір, опис перелому (розміщення уламків, їх розміри), опис вихідного отвору (додатки А12, А13). При наскрізних та сліпих пораненнях встановлено відшарування волосяного покриву та епітелію, дефекти шкіри з крововиливами на рівні підшкірної жирової клітковини, м'язової тканини з інтенсивно просякненою кров'ю, уривками м'язів, сухожилків. При непроникному вогнепальному пораненні живота тканини черевної стінки були з крововиливами в підшкірній клітковині. Характерним було розтікання рентгеноконтрасту в межах рани та ненадходження його в черевну порожнину при проведенні вульнерографії. При сліпому кульшовому непроникному пораненні черевної стінки в абдомінальний АФЗ визначилася незмінена БК калібру 5,45 мм. У краніальній АФЗ із проникним наскрізним пораненням спостерігали розкол і роздроблення кісток

черепа, утворення множинних дрібних кісткових уламків із відшаруванням і розривом надкісниці та проникненням уламків у мозкову тканину. У тазово-абдомінальній АФЗ спостерігали осколкове проникне поєднане сліпе поранення черевної і тазової порожнин. СТВП розташовувались по всій довжині РК, осколки спостерігали в зоні вихідного отвору РК, рентгенівська щільність 3050 од. НУ. Обшивка (оболонка, сорочка) БК та сердечник розміщувались в органах черевної порожнини (обшивка – металевий осколок у печінці, сердечник у антральному відділі шлунка), що спричинили проникне поранення внутрішніх органів. На боковій поверхні живота спостерігали сліпі рани з просочуванням жовчі. Осколкові вхідні отвори ран мали вигляд «псевдорізаних». При пострілі в кардіальну АФЗ вхідний отвір ВР був представлений раною геометрично неправильної форми, розміром 17 мм. З рани виступали уривки сухожилків, фасцій, розірваних м'язів, дрібні уламки кісток, ребер розмірами 8–10 мм. Кісткові уламки були розповсюджені від місця перелому грудино-плечової зони, які ушкоджували прилеглі м'які тканини та утворювали додаткові РК в середостінні, легенях. Вогнепальні БУ судин і м'язів характеризувалися просякненням м'яких тканин, утворенням великих гематом по ходу РК і за його межами. Утворення значної кількості дрібних уламків кісток та металевих осколків привело до значного збільшення зони вогнепального ушкодження внутрішніх органів (печінки, легені, серця), з характером поранень зірчастої, рваної форми для печінки, розходженням країв тканини легені, масивних крововиливів, забою легень та уривків стінок серцевого м'яза. Також було звисання розірваних оболонок серця та відсутність диференціювання його камер. Форма металевих осколків (обшивка, оболонка кулі 7,62 мм) мала не аеродинамічну форму, що спричинило утворення великого рваного РК в печінці, форма якого майже відповідала відбитку металевих осколків, обшивки, «сорочки» БК. У спинномозковому каналі були металеві осколки 4,3 мм, 5,2 мм. У ділянках БУ без РК встановлено макроструктурні зміни легень, що характеризувалися ділянками забою та зливних крововиливів легеневої тканини, з розривом плеври. У дослідних тварин було встановлено ознаки фізіологічного

спланхноптозу (опущення шлунка, підшлункової залози, селезінки, сечового міхура, внутрішніх статевих органів). При моделюванні осколково-вибухової дії боєприпаса в торако-кардіальній зоні встановлено повне розтрощення кісткового каркаса та внутрішніх органів. У краніальній АФЗ були обширні ділянки, просякнені кров'ю мозкової речовини та кісткові уламки, осколки у лицевому та мозковому черепі.

В результатах гістологічного дослідження біоптатів характерною ознакою було утворення паска порохового осадження. Спостерігали пустоти округлої або зірчастої форми та фрагментацію сполучнотканинних та м'язових волокон, гомогенізовані колагенові волокна дерми, розширення, повнокровність судин. У разі пробиття бронежилета спостерігалися фрагментація м'язових волокон та крововиливи, в підшкірно-жировій основі, сполучній тканині, місцями були еритроцити з чіткими контурами. При вогневому ураженні, у разі захисту броньованою пластиною товщиною 19 мм, у результатах гістологічних досліджень біоптатів, взятих із голови, у дефектній тканині головного мозку було виявлено явища перицелюлярного, периваскулярного набряку та повнокровність судин. При множинному осколковому пораненні хребта з осколком у хребтовому каналі, у взятому біоптаті зони РК, контакту спинного мозку із осколком було виявлено некроз клітин та зміни міжклітинної речовини. У клітині загинуло ядро, виникла деструкція ультраструктур цитоплазми та глибокий розпад клітин, що відповідало коагуляційному некрозу спинного мозку. У результатах гістологічних досліджень біоптатів, взятих із зразків РК легені, серця було виявлено ознаки деструктивних змін тканин, розширення кровоносних судин. Функціональні структури відзначилися значною поліморфністю, тканина була розтрощена, розірвана, розщеплена, місцями перетворилася на аморфні ділянки. У безструктурній тканині визначилися еритроцити, уривки судин, склеєних волокон. Клітинні ядра не визначалися, або були нечіткими. Тканина нагадувала стан аутолізу, некрозу. Біоптати з деструкцією альвеол та заповнення їх кров'ю були при вибуховій (заброневій) легені.

Так, у біоптатах всіх зразків ушкоджених органів, у разі застосування висококінетичної стрілецької зброї та заброневої перешкоди, визначилися повнокровність органів, плазморагія, явища дистрофії, з перевагою морфологічних змін у паренхімі, стромі, судинах, із порушенням білкового обміну в клітинах (додатки А14–А16).

Дистрофія розглядалася як результат альтерації, що являє собою морфологічне порушення метаболізму тканин (клітин) та призводить до структурно-функціональних змін [223, 228, 317]. Враховуючи морфологічні зміни в спеціалізованих елементах паренхіми та стромі, судинах різних органів у КББІ після вогнепального ураження висококінетичною стрілецькою зброєю та заброневої перешкоди, мала місце загальна змішана дистрофія, що свідчило про розповсюдженість патологічного процесу.

3.7. Експериментальне обґрунтування клініко-морфологічної та візуально-балістичної оцінки БТ для прогнозу виживання у сучасній війні

У м'яких тканинах грудної клітки при застосуванні ЗІЗ м'язові волокна були частково збережені з розривом сполучнотканинних волокон. При відсутності бронезилета у гістологічному матеріалі визначилися «клітинні пустоти», зони крововиливів, значні вогнища фрагментації сполучно-тканинних та м'язових волокон. Такі морфологічні ознаки візуально представлені зміною ехоструктури м'яких тканин, значними їх дефектами та емпфіземою, що обмежило інформативність УЗД та виконання СЕГ. На КТ-зображеннях визначилися дефекти м'яких тканин різної локалізації. Зона забою легень морфологічно була представлена деструкцією більшості альвеол, великими вогнищами крововиливів, різким повнокров'ям судин, тому рентгенівська щільність забою була негативною (–213 од. НУ). Візуальна ознака пневмотораксу характеризувалася розривом плеври під час ушкодження кістковими уламками внаслідок вогнепального перелому ребер. Пневмоперитонеум та гемоперитонеум визначилися на КТ як при вогнепальному пораненні, так і при заброневій травмі грудної, черевної порожнини, таза

внаслідок впливу вибухової хвилі та розривної, пробивної дії БК. У зразках КББІ візуалізовані багатотламкові переломи з розповсюдженням уламків на відстань від місця удару. Особливо таку візуальну ознаку спостерігали при МДКТ у зразка КББІ при імітації осколкового ураження від великокаліберної БК, коли виникли розтрощення, роздроблення речовини мозку, м'яких тканин, а кісткові уламки візуалізувалися як у речовині мозку, так і віддалено. Зони забою у спинному та головному мозку, в паренхіматозних органах мали рентгенологічну щільність свіжої крові (+68, +72 од. НУ). Поранення серця дослідної тварини морфологічно було представлено травматизацією ендокарда, обширними вогнищами крововиливів, фокальною фрагментацією м'язових волокон, що при МДКТ відповідало крововиливу у камери серця, з потраплянням контрасту в порожнину перикарда, газу в камерах та щільності контрасту +3071 од. НУ, що відповідало загибелі зразка. Морфологічну зону коагуляційного некрозу спинного мозку спостерігали на МДКТ в проекції СТВП (осколка). Крім кількісного оцінювання рентгенологічної щільності пневмоцефалії, пневмо/гемотораксу, гемоперитонеума, інших візуальних ознак томографічно визначили щільність СТВП (куль, осколків, сталевих оболонок снарядів) у КББІ, а також патронів різних індексів, снарядів, які перебувають на озброєнні ЗС рф та СТНВП (кісткові уламки) у КББІ (додаток А17).

З метою вивчення ушкоджуючої дії БК 5,45x39 мм патрона 7Н39 при прямолінійному польоті через бронепластину товщиною 6 мм провели волнометрію РК в обох серіях обстріляних желатинових блоків томографічно у 3D режимі рендерингу. Визначили лінійні розміри РК (довжину, ширину, товщину, мм) у трьох взаємно перпендикулярних площинах сканування (аксіальній, сагітальній або коронарній), (додаток А18). Від прямого удару БК 5,45x39 мм патрона 7Н39, яка викликала розщеплення, роз'єднання шарів желатину, контузію стінок РК, візуалізували канали, розтрощені желатинові шари, які імітували детрит та осколкові поранення внутрішніх органів, газ як у блоках, так і в м'яких тканинах КББІ (додаток А19). У 3D рендерингу визначили візуальні ознаки БУ, а саме артефакти: поперечні доріжки в ділянці СТВП,

«пустоти» (голуба стрілка); міхурці газу, як ознаку порушення цілісності желатину (зелена стрілка) та ділянки альтерації різного характеру, імітація розтращення тканин з перетворенням на детрит (жовта стрілка). З поданого прикладу, з 4-х об'ємів РК найвузчий був РК₃ (27,2 мм ширина), який був другим із більших за об'ємом (156,1 см³), що можна пояснити його глибиною (39,2 см³). При пострілі з АК-12 об'єм РК₄ був найбільшим – 156,6 см³, з глибиною ушкодження майже 43 мм, а об'єм РК₅ був ще більшим – 250,6 см³ (РК₄ та РК₅ швидкість БК 5,45 мм була вищою від інших РК), що збільшило площу та об'єм ушкодження, з лідируючим осколком (стовпчик 3). Особливість РК при пострілах з АК-12 обумовлена ТТХ сучасної автоматичної стрілецької зброї противника, на різних дистанціях пострілу (10 м, 100 м, 250 м, 300 м) з однаковим уражаючим ефектом та наявністю газу в РК (додаток А 20, А21). Ехоструктура всіх РК у желатинових блоках була змінена. Такі зміни імітували БУ м'яких тканин та були представлені «мертвою зоною», що обумовило відсутність забарвлення в режимі СЕГ у середині каналу. В режимі СЕГ ділянки поблизу РК давали високий показник модуля Юнга Е від 38 до 45 кПа. Ехотекстура зон віддалених від РК характеризувалася множинними гіперехогенними включеннями на фоні зниженої ехогенності желатинового шару. Всі РК були представлені однорідним рівномірним ізехогенним зображенням, із периферичним гіперехогенним контуром, що відмежовувало РК від оточуючих шарів желатину, (додаток А19, фото А, Б). Таку ехотекстуру будови РК можна пояснити балістичними властивостями сучасної БК (висока швидкість, прямолінійність польоту, висока кінетична енергія по всій траєкторії польоту, руйнівна, пробивна, клиноподібна та контузійна дія). Соноеластографічно у пошкоджених шарах желатину визначили множинні міхурці газу з артефактами по типу «хвіст комети». З відстані пострілу 100 м встановлено непрямолінійний, розщеплений та гіперехогенний акустично ущільнений контур РК, з множинними осколками як в середині каналу, так і за його межами (додаток А19, фото В). На зображенні визначили рівномірну ехоструктуру по типу «кавітації» желатину будови «малинове желе» з міхурцями газу (додаток А19,

фото Е). В ділянках блоків, де зосереджені СТВП (осколки), визначили артефакти підсилення за ехощільним тілом (додаток А19, фото Г). Крім лінійних розмірів визначили їх еластичність та відзначили, що ехощільність осколків у РК на 30–40 % нижча, ніж за його межами (додаток А19, фото Д, Е, Ж).

Характеризуючи у томографічному зображенні РК від БК 5,45x39 мм індекс 7Н39 при пострілах з російського трофейного автомата АК-12 з дистанції 10 м та 100 м, відмічено більший об'єм РК₁ (198,8 см³) з відстані пострілу 10 м. Визначена пробивна дія БК у РК₁ та РК₂. Так РК₁ (постріл з відстані 10 м), мав мінімальну початкову кількість осколків, потім визначилися «чисті» ділянки, а дистальніше максимальна концентрація металевих осколків, щільністю 3050–3071 од. НУ (додаток А20, жовта стрілка). РК₂ (постріл з відстані 100 м) характеризувався одночасним утворенням двох «балістичних доріжок» за рахунок металевих осколків оболонки БК (жовта стрілка), бронепластини та пошкодженого желатину (біла стрілка) (додаток А20). У РК₂ була більша концентрація осколків, щільність 3050–3071 од. НУ, що характеризувало канал як розщеплений, або девіацію РК.

Розщеплена «балістична доріжка» РК₂ мала щільність від 390 до 1400 од. НУ, глибинна дистанція була чистою від осколків, але в термінальному відділі каналу визначився найбільший лідируючий осколок розміром 11,2x7,0 мм, сердечник БК, щільність 3071 од. НУ (голуба стрілка) (додаток А21). Порівняльна відмінність по глибині ураження подана на рис. 3.20.

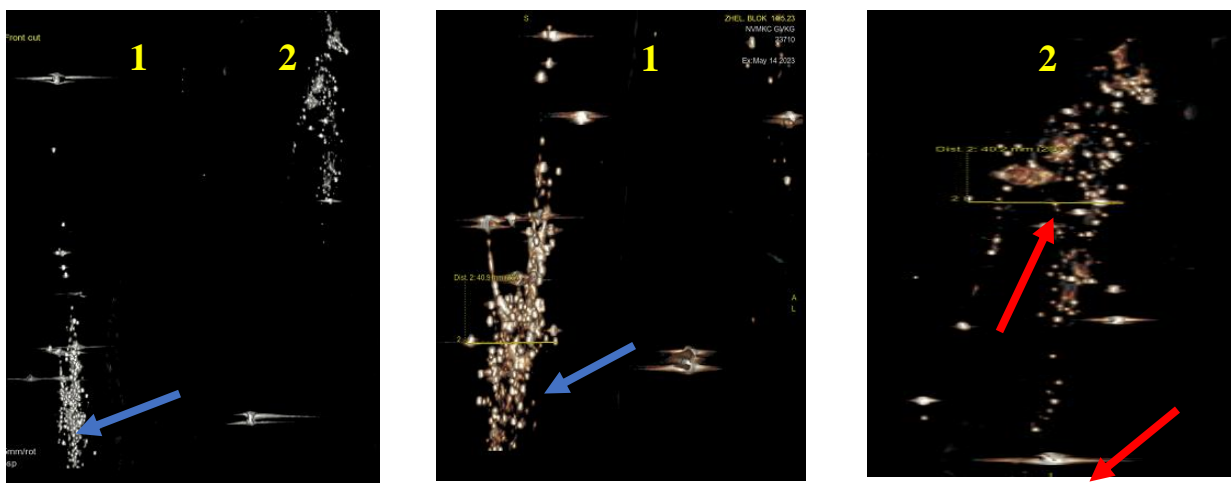


Рис. 3.20. Томограми РК₁ та РК₂ в 3D реконструкції (вимірювання глибини каналів)

Як видно з рис. 3.20, відмінність РК полягала в дистанції пострілу, що спричинило заброневу траєкторію розлітання осколків внаслідок пробивної та розривної дії БК 5,45 мм індекс 7Н39.

У РК₁ відмічений віддалений розлітання більших за розміром осколків в глибину на незначній відстані від РК (голуба стрілка), у РК₂ встановлено девіації РК на початку польоту БК та усіяними дрібними осколками ранових доріжок, із віддаленням осколків у глибину (червона стрілка).

Балістичну волюмометрію провели на блоках:

$$V_{1\text{-й желатиновий блок (5 пострілів)}} = 2485 \text{ см}^3;$$

$$V_{2\text{-й желатиновий блок (1 постріл)}} = 3898 \text{ см}^3;$$

$V_{3\text{-й желатиновий блок (1 постріл)}} = 4567 \text{ см}^3$ для визначення порогового рівня та обчислення вітального прогностичного індексу j (%):

$V_{1\text{-й желатиновий блок (5 пострілів)}} = 2485 \text{ см}^3$	
Загальний $V_{\text{РК}} = \sum (106,6 + 87,7 + 156,1 + 156,6 + 250,6) = 757,6 \text{ см}^3$	
Прогностичний індекс j_1	$\frac{2485 \text{ см}^3 - 100 \%}{757,6 \text{ см}^3} - X$ (несприятливий)
$V_{2\text{-й желатиновий блок (1 постріл)}} = 4898 \text{ см}^3$	
Прогностичний індекс j_2	$\frac{4898 \text{ см}^3 - 100 \%}{198,8 \text{ см}^3} - X$ (сприятливий)
$V_{3\text{-й желатиновий блок (1 постріл)}} = 4567 \text{ см}^3$	
Прогностичний індекс j_3	$\frac{4567 \text{ см}^3 - 100 \%}{190,0 \text{ см}^3} - X$ (сприятливий)

Як видно з обчислення прогностичного індексу j (%), у 1-му блоці індекс був вищим за 30 % (форма, консистенція блока змінилася), а у 2-му та 3-му блоках індекс був меншим за 30 % (форма блоків не змінилася), що дозволило встановити пороговий рівень індексу: (40 % > j < 30 % – прогноз сприятливий; 40 % > j > 30 % – прогноз несприятливий).

Характеристика РК при обстрілах із відстані 300 м, 250 м відповідала прямолінійній траєкторії розлітання дрібних осколків та одного лідируючого осколка на середині балістичної траси з множинними міхурцями газу (додаток А21). Рентгенівська щільність осколків у РК була 3050 од. НУ для оболонок, «сорочки» та 3071 од. НУ у сердечника БК. При розщеплених РК щільність

осколків суттєво відрізнялася: 1450–3047 од. НУ, що свідчило також про пошкодження бронепластини (додаток А21). РК_{3а} та РК_{4а} з відстані стрільби 300 м та 250 м відповідно при обстрілі желатинових блоків БК калібру 5,45x39 мм індекс 7Н39 відрізнялися від попередніх РК наявністю множинних міхурців газу та мінімальної кількості СТВП (дрібних осколків та оболонки БК). СТВП були представлені чіткими оболонками БК з центральним контуром вмісту повітря (щільність –1023 од. НУ), а щільність металу відповідала 3050 од. НУ. В обох РК зразків визначилися дрібні округлої форми, з рівним контуром осколків, щільністю 3071 од. НУ. Також РК_{3а} та РК_{4а} характеризувалися наявністю осколка найбільшого розміру 9,1x6,4 мм, форма його відповідала оболонці, а фрагмент осердя БК із гострим носиком був розміром 5,4x4,7 мм, тому вони були визначені лідируючими осколками (додаток А21). В експериментальних умовах у режимі 3D рендерингу та кістковому режимі, а також УЗД, В-режим та СЕГ РК_{3а} та РК_{4а} характеризувалися множинними міхурцями повітря та мінімальною кількістю осколків. У режимі СЕГ встановлено кавітацію желатину, підвищення ехощільності (Е 45 кПа) та наявність міхурців газу в зонах, прилеглих до РК, що може бути застосовано як візуальна ознака контузиї тканин АФЗ (додаток А21). Балістична волюмометрія, прогностичний індекс наступні:

$V_{3a} = 3,14 \times 247,8 \times 12,5 \times 62,6 \text{ мм/6} = 101,5 \text{ см}^3 \text{ (об'єм РК}_{3a}\text{)}$ $V_{4a} = 3,14 \times 311,1 \times 9,9 \times 97,2 \text{ мм/6} = 156,7 \text{ см}^3 \text{ (об'єм РК}_{4a}\text{)}$ $j_{\text{РК}_{3a}} = 2,6 \% (< 40 \%) \quad j_{\text{РК}_{4a}} = 3,5 \% (< 40 \%)$
--

Як видно з проведених розрахунків, РК_{4а} був більшим у об'ємі порівняно з РК_{3а} (156,7 см³ та 101,5 см³ відповідно), а прогностичний індекс j % у обох випадках був сприятливий (3,5 % і 2,6 % відповідно). Загальною подібністю РК_{4а} (відстань 300 м) та РК_{3а} (відстань 250 м) було їх розщеплення незалежно від дистанції пострілу. Описану візуально-балістичну характеристику всіх експериментальних РК необхідно враховувати при початковому огляді рани внаслідок ураження БК калібру 5,45x39 мм індекс 7Н39, до складу якої входить карбід вольфраму. Також потрібно враховувати глибину і складність ураження

тканин даною БК з мультиосколковим, пробивним та вибуховим ефектом. Наявність розщеплення РК незалежно від дистанції стрільби (10 м, 100 м, 300 м, 250 м), можна пояснити ТТХ БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н39 (карбід вольфраму) та особливостями автомата АК-12 вирівнювати дистанцію пострілів для досягнення максимального ефекту вогневого ураження на різних відстанях від цілі. Рентгенівська щільність максимальної концентрації осколків у РК була 3050–3071 од. НУ, віддалені осколки від РК мали щільність 1600–1700 од. НУ (додатки А20, А21).

Тому, враховуючи вищенаведене, такі розрахунки та візуальні ознаки застосували для визначення прогностичного індексу j (%) втраченої травмованої тканини для прогнозу виживання у сучасній війні. З метою продовження гіпотези співвідношення об'єму травмованої тканини до загального об'єму ушкодженого органа, проведено вимірювання довжини, ширини, товщини РК у експериментальних тварин, тобто у біологічних об'єктах (додатки А22–А24). Для волюмометрії дослідних ушкоджених органів вимірювали розміри в сагітальній, коронарній, аксіальних площинах, а саме: краніо-каудальний (ККР) у коронарній площині; передньо-задній розмір (ПЗР) у аксіальній чи сагітальній площині; сагітальний розмір (СР) у сагітальному зрізі. Результати вимірювання об'єму РК різної локалізації у КББІ (експериментальної тварини) та об'єму дослідної АФЗ представлено на рис. 3.21.

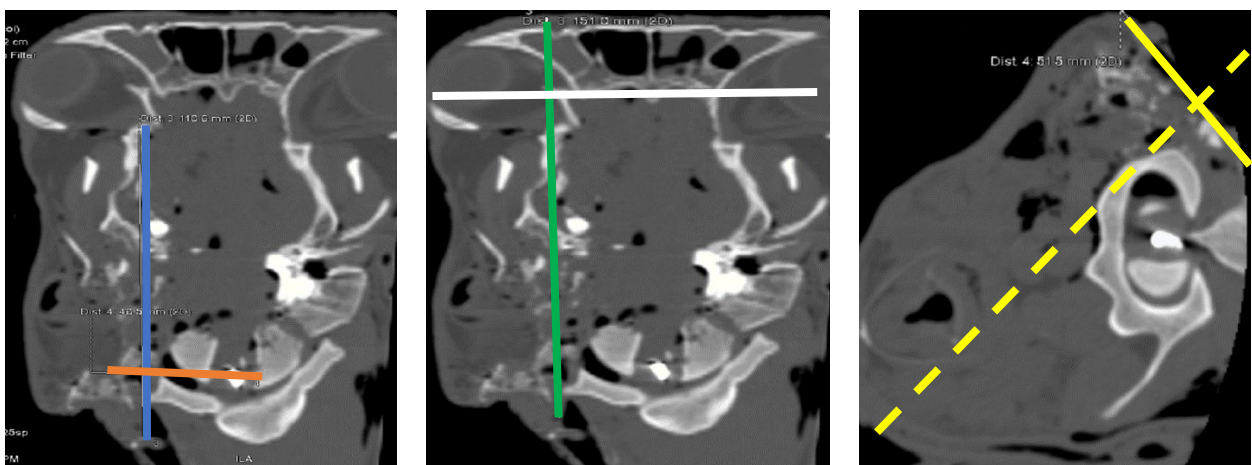


Рис. 3.21. Балістична експериментальна волюмометрія краніального РК

Як видно з рис. 3.21, вимірювання лінійних розмірів РК та краніальної АФЗ проводили у коронарному зрізі (перша та друга томограми): довжина – 110,6 мм (голуба лінія); ширина – 46,5 мм (помаранчева лінія); остання томограма на рис. 3.21 у сагітальному зрізі товщина РК – 51 мм (жовта лінія).

Вимірювання АФЗ краніальної дослідної зони проводили в наступній послідовності: ККР АФЗ 151,0 мм (зелена лінія); сагітальний розмір 149,5 мм (біла лінія); передньо-задній розмір 163,8 мм (жовта пунктирна лінія). Результати вимірювання наступні:

$$V_{\text{РК краніальної АФЗ}} = 3,14 \times 110,6 \times 46,5 \times 51,0/6 = 137,3 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{краніальна АФЗ}} = 3,14 \times 151,0 \times 149,5 \times 163,8/6 = 1935,1 \text{ см}^3$$

$$j = 137,3 \times 100/1935,1 = 7,1 \% \quad (40 \% > 7,1 < 30 \%) \text{ прогноз сприятливий}$$

Наступні візуально-балістичні приклади змодельовані для вимірювання РК тазово-абдомінальної, краніо-фаціальної АФЗ КББІ із моделюванням площин сканування та вибором оптимального скану для вимірювання їх розмірів (додатки А22–А24). У РК тазово-абдомінальної АФЗ визначилися множинні кісткові уламки, осколки та міхурці газу. Результати балістичної волюмометрії тазово-абдомінальної, абдомінальної (2 РК), краніо-фаціальної АФЗ поранення та прогностичних індексів (j %) наступні:

$$V_{\text{РК тазово-абдомінальної АФЗ}} = 3,14 \times 164,7 \times 35,1 \times 94,7/6 = 286,5 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{тазово-абдомінальна АФЗ}} = 3,14 \times 296,0 \times 75,8 \times 193,7/6 = 2274,4 \text{ см}^3$$

$$j = 286,5 \times 100/2274,4 = 12,6 \% \quad (40 \% > 12,6 \% < 30 \%) \text{ прогноз сприятливий}$$

$$V_{\text{РК краніо-фаціальної АФЗ}} = 3,14 \times 164,7 \times 45,1 \times 94,7/6 = 368,1 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{краніо-фаціальна АФЗ}} = 3,14 \times 196,0 \times 193,8 \times 174,3/6 = 3480,8 \text{ см}^3$$

$$j = 368,1 \times 100/3480,8 = 10,6 \% \quad (0,45 > 10,6 < 0,5) \text{ прогноз сприятливий}$$

$$V_{\text{РК передня черевної стінки}} = 3,14 \times 23,1 \times 12,2 \times 24,8/6 = 3,6 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{черевна порожнина АФЗ}} = 3,14 \times 368,5 \times 450,0 \times 329,0/6 = 28551,2 \text{ см}^3$$

$$j = 3,60 \times 100/28551,2 = 0,01 \% \quad (40 \% > 0,01 \% < 30 \%) \text{ прогноз сприятливий}$$

$$V_{\text{РК абдомінальний}} = 3,14 \times 109,5 \times 54,1 \times 84,4/6 = 261,7 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{черевна порожнина АФЗ}} = 3,14 \times 157,5 \times 143,0 \times 110,5/6 = 7814,6 \text{ см}^3$$

$$j = 261,7 \times 100/7814,6 = 3,3 \% \quad (40 \% > 3,3 < 30 \%) \text{ прогноз сприятливий}$$

Як впливає з поданих балістичних обчислень, прогностичний індекс не перевищував 30–40 %, що склало сприятливий прогноз (додаток А22). Такі поранення вважалися легкого або середнього ступеня тяжкості. Наступним МВБ прикладом демонстрували БУ поєднаної БТ верхнього плечового пояса (передніх кінцівок) з грудною кліткою із сприятливим прогнозом (додаток А23) та БУ торако-кардіальної АФЗ КББІ з несприятливим прогнозом (додатки А23, А24). Балістичні розрахунки, вітальний індекс наступні:

$$V_{\text{РК торакальної, передньої кінцівки}} = 3,14 \times 170,3 \times 83,5 \times 78,4/6 = 583,4 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{торакальна, передня кінцівка АФЗ}} = 3,14 \times 163,0 \times 182,5 \times 152,6/6 = 2375,6 \text{ см}^3$$

$$j = 583,4 \times 100/2375,6 = 24,5 \% \quad (40 \% > 24,5 \% < 30 \%) \text{ прогноз сприятливий}$$

Як слідує з додатків А23, А24, за розрахунками індекс 3,3 % не відповідав розповсюдженості та тяжкості БУ грудної клітки, тому що до кардіо-торакальної АФЗ входить і права легеня з правобічним пневмотораксом, ушкодження яких виникли внаслідок вибухової дії БК при контакті з бронезишетом. Тому, враховуючи поєднання порожнин та АФЗ (торакальна, кардіальна, передні кінцівки) прогностичний сумарний індекс j (%) значно перевищив 50 %:

$$(\Sigma = 24,5 \% + 3,3 \% + 32,8 \% = 60,6 \%).$$

Описана БТ у КББІ несумісна із життям (додатки А23, А24). Після узагальнення отриманих даних на моделях зразків та небіологічних об'єктах (желатинових блоках) визначилися якісні та кількісні візуальні ознаки БУ, що представлені в додатку А25. Як впливає з додатка А25, БУ внутрішніх органів у КББІ залежали від засобів вогнепального ураження та застосування захисту, а саме характеру вогнепальної зброї (БК, швидкість, відстань пострілів, конфігурація), що спричинило механічні та багатофакторні ушкодження як біологічних, так і небіологічних об'єктів (кінетична енергія порохових газів та осколкова, вибухова дія, інші фактори) у прямій та заброневій дії. На моделях випробувана стрілецька, піхотна та протипіхотна зброя (пістолет ПМ, автомати АК-74, АК-12, кулемет НСВТ, СГД), а також імітовано дію вибухових та осколкових боєприпасів. У разі використання БК 9,0 мм ПМ непробиття бронезишета 4 класу захисту повністю забезпечило захист внутрішніх органів

від БУ, крім можливих гематом та підшкірної емфіземи. Середньо- та великокаліберні БК при пострілах з АК-74 та СГД, а також експериментального балістичного осколкового та вибухового ураження при обстрілах з НСВТ та СГД, спричиняло тяжкі БТ та різної локалізації БУ внутрішніх органів. Привернуло увагу особлива складність та розповсюдженість ушкоджень усіх локалізацій при застосуванні великокаліберної автоматично-кулеметної БК (12,7x108 мм Б-32) у КББІ та малокаліберної, сучасної модифікованої кулі калібру 5,45x39 мм індекс 7Н39, до складу якої входить карбід вольфраму, при пострілах у блоки. БУ характеризувалися багатофакторними ураженнями (розривною, пробивною, клиноподібною, контузійною дією) на внутрішні органи КББІ та небіологічні об'єкти. Усі експериментальні РК мали газ як у каналі, так і ознаку емфіземи або гематоми. Проте найбільша концентрація міхурців газу спостерігалася у РК, спричинених БК 5,45x39 мм індекс 7Н39, відстані стрільби 250 м, 300 м. СТВП (кулі, сталеві оболонки, осколки) були візуалізовані у разі відсутності заброневої перешкоди або її пробиття (бронежилет 4 класу захисту чи бронепластина товщиною 19 мм). СТНВП (кісткові уламки) зустрічали при заброневій невогнепальній травмі (ЗБТ) та вогнепальних переломах. Важливим доповненням до візуально-балістичної характеристики БТ в умовах експерименту стали визначення ехощільності (еластичності) РК у желатинових блоках та рентгенівської щільності СТВП та СТНВП, патологічно змінених тканин у КББІ та блоках. Визначена рентгенівська щільність «аномальних» тканин (пневмоторакс, гемоперитонеум, інші зміни порожнинних випотів: гемоторакс, гемоперитонеум, забій камер серця), об'єм РК різної локалізації, експериментальні прогностичні індекси (j %) (додатки А22–А24).

РК кардіальної АФЗ КББІ – V 583,4 см³, торакальної зони – V 368,4 см³ – переважали над іншими локалізаціями. Сума індексів j 24,5 %, 3,3 % та 32,8 % відповідно ушкоджених АФЗ перевищила 50 % (60,6) %, що свідчило про несприятливий прогноз (додаток А24). Потрапляння у порожнини КББІ (черепа, черевна, грудна порожнини) повітря з порушенням їх герметичності, цілісності

спричинило пневмоцефалію (–943 од. НУ), пневмоторакс (–980 од. НУ), пневмоперитонеум (–983 од. НУ), пневмомедіастинум (–973 од. НУ). Щільність забійних ділянок легеневої паренхіми була –211 од., –217 од. НУ, що можна пояснити гострою, вибуховою травмою легень (ВТЛ). Інші визначені показники ділянок БУ та порожнинних випотів у КББІ з позитивним числовим показником від +55 до +77 од. НУ по різних локалізаціях свідчили про вміст «свіжої» крові. Також встановлено, що еталоном рентгенівської щільності СТВП була БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н10, плакована томпаком – щільністю 3071 од. НУ та БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н39, до складу якої входить карбід вольфраму, – щільність сердечника – 3071 од. НУ, щільність обшивки, «сорочки» – 3050 од. НУ. Інші різні значення щільності СТВП (оболонок БК, фрагментів боєприпасів, осколків) відповідали похідним ферумвмісних боєприпасів, а також металевим осколкам, що утворилися внаслідок пробиття заброневої перешкоди (бронепластини, військової техніки, бронезилета). Показники еластичності СТВП при застосуванні СЕГ (УЗД) характеризувалися розбіжністю, тому орієнтувалися на зміну шкали забарвлення дослідної зони до червоного спектра, що відповідало високощільному осколку. Показник еластичності оточуючих та віддалених ділянок РК вищий від 8 кПа свідчив про розвиток кавітації, контузії тканин. Лінійні розміри БК, сталевих оболонок та їх осколків порівнювали для опису балістичної складової візуальних ознак БТ (додатки А17, А25). Візуально-балістичні розміри БК наступні: калібру 5,45x39 мм патрона 7Н10 – 26,6x7,0 мм; 7Н22 – 20,7x6,0 мм, оболонка 26,0x9,0 мм; 7Н6 – 15,6x6,1 мм, оболонка 23,4x12,1 мм; 7Н39 – 16,9x5,6 мм, оболонка 23,3x7,2 мм, а також сталева оболонка та фрагменти БК 7,62 мм – 14,7x7,6 мм та 22,0x14,0 мм (додаток А17).

3.8. Прикінцеві положення до розділу 3

КББІ (біологічний імітатор) та небіологічні об'єкти (желатинові блоки) у модельному балістичному експерименті дозволили обґрунтувати ефективність медичної візуалізації для встановлення візуальних ознак БУ та реєстрації результатів термінальної балістики. Сучасні війни характеризуються

багатофакторною уражаючою дією на організм вибухової хвилі, гідродинамічного удару, локальної або загальної контузійної травми, пораненням осколками, сучасними високошвидкісними БК, травмами від вибуху, металевій дії. На підставі МБЕ зроблено висновок, що застосування стрілецької зброї, високошвидкісних, модифікованих БК, у відкриті АФЗ КББІ та желатинові блоки, у заброневій перешкоді (ЗІЗ, бронежилетів, бронепластили товщиною 19 мм) спричиняють БТ (вогнепальну та невогнепальну травму) з множинними, розповсюдженими БУ та поєднаним характером травми. Тяжкість БУ органів і тканин при застосуванні різних видів стрілецької зброї, заброневої перешкоди відобразилися у морфологічній характеристиці тяжкості БТ на зразках дослідних тварин. При проходженні високошвидкісних БК та імітаторів осколкових, вибухових боєприпасів через АФЗ КББІ спостерігалися БУ різного ступеня (від точкових дефектів тканин до їх розтрощення), як результат первинного поверхневого ушкодження БК (гематома, емфізема), газ у РК, так і під дією гідродинамічного удару, вибухової хвилі, заброневої контузії органів, осколкового поранення при фрагментації БК чи проникненні через броньований лист осколкового потоку до складних органних БУ з газом у РК, газом та кров'ю в порожнинах тіла (ознака загибелі зразків), переломами кісток, забій тканин різної локалізації, САК та інші візуальні ознаки.

Розроблений гібридний підхід МВБТ в експерименті на біологічних та небіологічних об'єктах – рентгенологічний, комп'ютерно-томографічний, із значимою діагностичною перевагою МДКТ дозволив візуалізувати та виявити довільні анатомічні структури, структурно-функціональні патологічні зміни у КББІ [149], желатинових блоках. МДКТ у експериментальних тварин та небіологічних об'єктах забезпечила просторову візуалізацію вхідного та вихідного отворів РК, створила об'ємні віртуальні моделі БУ органів та дозволила оцінити волюмометрію РК та ушкоджених АФЗ. Об'ємний рендеринг тривимірних наборів даних МДКТ дав точне об'ємне зображення з відтінками яскравості, прозорості, кольору, що особливо важливо для візуалізації повної анатомічної і патологічної картини [88, 133, 135, 255, 298, 397]. При визначенні

протяжності змін РК у краніо-каудальному напрямку застосували мультипланарні реконструкції в коронарній або сагітальній площинах. У РК ушкоджених АФЗ візуалізувалися міхурці газу, кісткові уламки, СТВП (кулі, щільність 3071 од. та 3050 од. НУ, іншої щільності залежно від складу) та сталеві оболонки, осколки, щільність яких залежала від їх походження, СТНВП (кісткові уламки, щільність 900–1100 од. НУ) та желатинові часточки (щільність 460–780 од. НУ), що імітували тканинний детрит. Характер РК при обстрілі з АК-12 желатинових блоків БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н39 з карбїду вольфраму розрізнявся руйнівною, пробивною, клиноподібною та контузійною дією. При пострілах з відстані 10 м та 100 м РК характеризувалися множинними осколками, щільність 3071 од. НУ та дев'яцією, розщепленням ранових доріжок з власними осколками від БК (сердечник та оболонка) та СТВП від бронепластини та фрагментів желатину (щільність 390–1400 од. НУ). РК при пострілах з дистанції 250 м та 300 м відрізнялися наявністю множинних міхурців газу в каналі та мінімальною кількістю СТВП, околків сердечника, щільність 3071 од. НУ, оболонка «сорочка» БК у РК не визначалася. МДКТ у режимі сканування всього КББІ (*Full Body Scan*) застосували як найбільш визначальний невідкладний та сортувальний метод променевої діагностики БУ голови, органів черевної і грудної порожнин, груднино-реберно-плечового каркаса, хребта, таза, кінцівок. 3D-реконструкції та зображення у різних площинах та режимах сканування були дуже корисними для виявлення та оцінки характеру вогнепальних багатоуламкових переломів кісток кінцівок, таза, черепа, лицевої та мозкової частини, хребта, інших БУ та для волюмометрії ушкоджених АФЗ, РК, зон альтерації у біологічних і небіологічних об'єктах.

Дані, отримані в МБЕ, дають ключ до розуміння тяжкості БУ анатомічних структур при пораненнях, травмах у сучасній війні. Узагальнюючи отримані дані, 90 % БТ в експерименті були тяжкими, з поліструктурними візуальними ознаками БУ життєво важливих анатомічних структур, що мали несприятливий прогноз для виживання. Так, для прикладу прогностичний індекс (j %) торакокардіальної АФЗ КББІ перевищив 50 %. З урахуванням тяжкості травми та

загибелі зразків дослідних тварин обох серій, застосування введення рентгеноконтрастного йодовмісного засобу у РК (вувльнерографії, фістулографії) з оглядовою рентгенографією та МДКТ КББІ забезпечили променеву діагностику поєднаних БУ декількох порожнин тіла, магістральних судин, множинних БУ різних тканин балістичного імітатора. Гібридна методика поєднання вувльнерографії, фістулографії з МДКТ (неможливо було виконати внутрішньосудинне контрастування КББІ, а також відсутність змішування контрасту з біологічними рідинами та однакова щільність контрасту і контрастованої порожнини) дозволила визначити руйнівну дію БК, вплив гідродинамічного удару, ударної вибухової хвилі та осколкового направленного потоку. Розроблений підхід дозволив застосовувати МДКТ із контрастуванням у постраждалих із БТ у важкому та вкрай тяжкому стані, з поліорганною недостатністю. Вивчення гістологічних особливостей БТ залежно від застосованих різних видів стрілецької зброї, заброневої перешкоди (бронезилет, броньована пластина) у біоптатах тканин БУ органів забезпечив кінцевий експертний висновок. Характер таких змін на макроскопічному рівні відповідав вогнепальній рані із РК та закритому БУ без РК, заброневої травми. Більшість з вогнепальних осколкових поранень мали сліпі РК, а при закритих БУ переважали патологічні гістологічні зміни у спеціальних та сполучних тканинах (м'язи, кістки). Патоморфологічні зміни у всіх дослідних зразках визначилися при ушкодженні як від БК, направленного осколкового потоку, так і при заброневої перешкоді. У клітинах ушкоджених органів різних АФЗ визначилися ознаки розповсюдженої дистрофії, некрозу та явища клітинної альтерації. Представлені патоморфологічні зміни БУ тканин будуть в подальшому порівнюватися із візуальними ознаками у постраждалих із БТ.

Матеріали розділу відображені в наступних наукових публікаціях [50, 55, 70, 87, 88, 97, 148, 168, 276, 298]:

1. Яковенко В. В., Гречаник Е. И., Абдуллаев Р. Я., Быченков В. В., Гуменюк К. В., Собко И. В. Моделирование влияния осколков осколочных

боеприпасов на биологические ткани военнослужащего в защитных элементах боевой экипировки. *Азербайджан. мед. журн.* 2020. № 4. С. 107–115. doi: 10.34921/amj. 2020. 4. 015.

2. Дикан І. М., Хоменко І. П., **Гречаник О. І.**, Колесник С. В. Досвід променевої візуалізації ранового каналу. Проблеми військової охорони здоров'я. Збірник наукових праць. УВМА. 2017. С. 120-132.

3. Моделювання вогнепальних поранень. Під загальною ред. В. І. Цимбалюка. – Харків : Вид-во, 2022. – 322 с.

4. **Hrechanyk O.**, Abdullaiev R., Bubnov R., Danchin G. Neuroimaging algorithm for combat head injuries – Recent Ukrainian experience. *XXIII World Congress of Neurology* : abstr. Kyoto, Japan, Sept. 16–21, 2017. *J. Neurolog. Sciences.* 2017. Vol. 381. P. 251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2017.08.717>.

5. Куликова Ф. И., **Гречанык Е. И.**, Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Лучевая диагностика боевой хирургической травмы (Лекция I. Обзорная тактика применения лучевых методов диагностики боевой хирургической травмы). *Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии* : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. 27–28.

6. Куликова Ф. И., **Гречанык Е. И.**, Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Особенности проведения неотложного рентгенологического исследования при боевой травме (лекция 2). *Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии* : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. 29–30.

7. **Гречаник О. І.**, Панченко В. І., Стеценко Е. В., Ревуцький А. А., Колодюк О. О. Експериментальне обґрунтування рентгенконтрастних досліджень в діагностиці бойових ушкоджень живота. *Український журнал військової медицини.* Том 3. 3. 2022 (додаток 2). С. 25–28.

8. Спосіб променевої діагностики вогнепальних ран в експерименті : пат. 141888, Україна : G09B 23/28, A61B 8/00, A61B 8/13. № u201911451; заявл. 26.11.2019; опубл. 27.04.2020. Бюл. № 8.

9. **Гречаник О. І.**, Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Цвігун Г. В., Ярош Т. В. Медична візуалізація ранового каналу різної локалізації у постраждалих

із бойовою травмою. *Радіологія в Україні 2023* : тези 9-го Націон. конгресу з міжнар. участю. Асоціація радіологів України (м. Київ, 19–21 жовт. 2023 р.). С. 2–3.

10. **Grechanyk O.**, Abdullaev R., Dykan I., Bubnov R., Yarosh T., Holub V. Medical visualization of wound channels of different localizations in patients with combat trauma. *11th Annual Military Surgical Symposium* : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSS14.

РОЗДІЛ 4

БАГАТОФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ПОСТРАЖДАЛИХ ІЗ БТ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФАКТОРІВ РИЗИКУ ЛЕТАЛЬНОГО ВИПАДКУ

4.1. Клініко-епідеміологічна, загально-балістична, візуально-балістична та балістико-волюмометрична характеристики груп спостереження для виявлення ризику летального випадку

В зарубіжних літературних джерелах автори звертають увагу на розповсюдженість (4,3 млн смертей щороку), високий рівень травматизму та смертності в молодій популяції (10–29 років), інвалідизації внаслідок травми (осіб віком 10–45 років) як в Європейському Союзі, так і в світі [245, 262, 303]. Щороку в Україні унаслідок травм гине від 30 до 85 тис. осіб, а ступінь ризику травмування або загибелі в Україні вищий, ніж у країнах ЄС та в світі [372]. Особливої актуальності ця проблема набувала у Збройних силах України, у зв'язку зі значною кількістю складного, небезпечного озброєння, військової техніки, недостатності військового досвіду та повномасштабної війни. Військова служба вирізняється насиченістю динамічних процесів, пов'язаних з несенням бойового чергування, вартовою, внутрішньою службою, володінням зброєю і технікою, участю в навчаннях та бойових діях [112].

З метою формалізації та упорядкування обліку санітарних втрат, узагальнення досвіду АТО розроблена Тимчасова інструкція з розрахунками бойових уражень, небойових травм, захворювань за 2017 рік [123]. Відповідно до Тимчасової інструкції протягом 2018–2019 рр. було продовжено та узагальнено ведення обліку постраждалих, структури бойової травми і захворювань учасників АТО/ООС, де вказано на зменшення в структурі бойових уражень та збільшення небойових травм [161]. У структурі механічних бойових уражень та небойових травм зросла частка множинних, поєднаних ушкоджень [161]. Вогнепальні поранення, питома вага яких у сучасних воєнних конфліктах становить 63,2–73,1 % санітарних втрат хірургічного профілю, були і залишаються однією з важливих проблем [26–28, 52, 79, 104, 106]. За досвідом

вітчизняних військових хірургів, БТ різноманітна і включає вогнепальні і невогнепальні травми та ураження різними видами зброї [27, 28, 79]. З метою балістичного аналізу обстежених проаналізовано терміни і визначення понять з посиланнями на літературні дані та установлений військовий стандарт [27–29, 79]. Узагальнення наших даних ми провели згідно з методичними рекомендаціями за редакцією Героя України полковника Е. М. Хорошуна [108].

Збільшення потужності сучасної вибухової зброї та радіуса дії, незважаючи на засоби захисту, призвели до появи тяжких багатофакторних поєднаних ушкоджень. Найбільш тяжкий вид БТ – це вибухове поранення, вибухова травма, вогнепальна політравма [28]. Серед уражаючих факторів вибуху виокремлюють: ударну, вибухову хвилю; металеву дію; струмені полум'я і розпечених газів; осколки боєприпасів; вторинні снаряди, що ранять; токсичні продукти вибуху і горіння, тобто має місце багатофакторне ураження та багатовекторний вплив на організм людини з ушкодженням декількох анатомо-функціональних зон.

З бойового анамнезу загального масиву (n=1014 постраждалих із БТ, з них n=131 були особи з невогнепальною травмою), у 883 обстежених було проаналізовано безпосередню ушкоджуючу дію (розривна, пробивна, контузійна, вибухова хвиля, гідродинамічний удар, бризантна дія, інші фактори) з балістичною характеристикою сучасних видів вогнепальної зброї, техніки, боєприпасів, які знаходяться на озброєнні ЗС рф різних родів військ із типом бойової травми (невогнепальна травма – механічна травма; вогнепальна травма: ВогнП – вогнепальне поранення (кульове, осколкове); ВП – вибухове поранення; ВТ – вибухова травма).

Як узагальнено в табл. 4.1, у 3-х випадках поєднання невогнепальної та вогнепальної травми врахували більш значимий вплив ушкоджуючого фактора на організм постраждалого та віднесли до вогнепального поранення (кульового поранення) та вибухової травми.

**Розподіл масиву обстежених за ушкоджуючим фактором
(n=883 постраждалих із БТ), n (%)**

Балістичний анамнез БТ (оцінка значення ушкоджуючого фактора)	Тип бойової травми	Кульові, осколкові поранення, n=304	Вибухове поранення, n=257	Вибухова травма, n=322	p
	невогнепальна травма	2 (0,7)	0 (0,0)	1 (0,3)	<0,001
	стрілецька та інша піхотна ручна зброя	239 (78,6)	19 (7,4)	17 (5,3)	
	важка техніка, реактивні системи, авіаційне та інше складне озброєння	63 (20,7)	238 (92,6)	304 (94,4)	

Примітка. Порівняння проводилося за точним критерієм Фішера або критерієм хі-квадрат.

З балістичного аналізу встановлено статистично значиме переважання застосування противником важкого, реактивного, артилерійського та авіаційного озброєння у сучасній війні для вогнепального ураження ($p < 0,001$). Сьогодні військова хірургія тримається на передових практиках, реальному досвіді та уроках, набутих впродовж 10 років постійного збройного конфлікту. Тому за досвідом наших стратегічних партнерів та нашим досвідом епідеміологічно та балістично на елементарному рівні можна розподілити вогнепальну зброю на вибухові пристрої і стрілецьку зброю [103]. Саме такий розподіл застосовано для багатофакторного аналізу масиву обстежених постраждалих у загальному обсязі ($n=1014$ постраждалих із БТ). З них було 131 постраждалих з невогнепальною травмою у 24,4 % (88 осіб) – I групи, у 6,6 % (43 осіб) – основної II групи та 883 постраждалих із загального масиву обстежених були з вогнепальною травмою. У загальному розподілі груп за факторами та явищами визначилися особливості, що представлені в таблиці 4.2. Не виявлено відмінностей між групами за середнім віком ($p=0,271$, за критерієм Манна-Уїтні).

Клініко-епідеміологічна та балістична характеристика груп

Показник/ознака, n=1014		Група дослідження, n (%)		Рівень значущості відмінності, p
		порівняльна I, n=36	основна II, n=653	
БТ (невогнепальна травма)	невогнеп. травма	88 (24,4)	43 (6,6)	<0,001
БТ (вогнепальна травма): ВогнП – вогнепальне поранення (кульове, осколкове)	ВогнП	134 (37,1)	170 (26,0)	
ВП – вибухове поранення	ВП	58 (16,1)	199 (30,5)	
ВТ – вибухова травма	ВТ	81 (22,4)	241 (36,9)	
Стать	ж	4 (1,1)	10 (1,5)	0,780
	ч	357 (98,9)	643 (98,5)	
Бойовий досвід	немає	336 (93,1)	619 (94,8)	0,265
	є	25 (6,9)	34 (5,2)	
Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ: захисний шолом, бронжилет, окуляри)	було	253 (70,1)	553 (84,7)	<0,001
	не було	108 (29,9)	100 (15,3)	
Прогнозування ризику летального результату лікування	помер	35 (9,7)	70 (10,7)	0,667
	вижив	326 (90,3)	583 (89,3)	

Примітка. Порівняння проводилося за точним критерієм Фішера або критерієм хі-квадрат.

Медіана значення віку у постраждалих I групи – 34 роки, міжквартильний інтервал (30–39 років); для основної II групи – 34 роки (27–40 років). Також групи не відрізнялися (згідно з табл. 4.2) у розподілі за статтю, наявністю бойового досвіду, прогнозуванням ризику летального результату лікування ($p=0,780$, $p=0,265$, $p=0,667$ відповідно). Виявлено відмінність між групами у розподілі за типом БТ (вогнепальна/невогнепальна травма) ($p<0,001$). При цьому в основній II групі спостерігалось зміщення розподілу в сторону вибухового поранення у 30,5 % (199 постраждалих) та вибухової травми у 36,9 % (241 постраждалих) порівняно з I групою – вибухові поранення у 16,1 % (58 постраждалих) та вибухова травма у 22,4 % (81 постраждалих), ($p<0,001$), що можна пояснити повномасштабністю війни із застосуванням противником мінометів, важкого, авіаційного озброєння, артилерійської реактивної техніки, іншого

модернізованого озброєння. Також спостерігалися комбінації вогневого ураження висококінетичною стрілецькою, піхотною, протипіхотною, важкою, авіаційною зброєю, хаотичними та масованими ракетними, авіабомбовими ударами, комплексними, різнонаправленими атаками, бойовими дронами, іншими факторами ураження з високою щільністю вогню. Як видно з таблиці 4.2, застосування ЗІЗ (захисний шолом, окуляри та бронежилет, інші обладунки) було частішим у основній II групі – у 84,7 % (553 осіб) проти I групи – у 70,1 % (253 осіб), ($p < 0,001$). Норми забезпечення речовим майном та безпосередньо ЗІЗ ВС ЗС України та Державної служби транспорту на особливий період прописано в Наказі Міністерства оборони № 306 від 10.06.2019, що свідчить про державну складову високого рівня захисту особового складу, який бере участь у бойових діях. Проте спостерігався майже в два рази вищий показник бойової травми очей у загальному масиві обстежених – у 11,5 % випадків при порівнянні з травмами очей у 6 % поранень у американських солдат (за даними Операції визволення Іраку/Операції «Непохитна свобода») [103] (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Порівняльний розподіл обстежених із БУ очей
(n=1014 постраждалих із БТ)**

Локалізація БУ		Група дослідження, n (%)		p
		порівняльна I, n=361	основна II, n=653	
Бойові ушкодження очей	визначаються	34 (9,4)	82 (12,6)	0,149
	не визначаються	327 (90,6)	571 (87,4)	

Примітка. Порівняння за точним критерієм Фішера.

У клініко-діагностичних групах: основній групі у 12,6 % (82 постраждалих) та порівняльній групі у 9,4 % (34 постраждалих) достовірної різниці не виявлено ($p=0,149$), що можна пояснити розповсюдженістю при супутніх ушкодженнях та незалежністю від умов, обставин отримання поранення, травми очей. Тому на II РМЗ (ВМГ, ПХГ), стабпунктах згідно з протоколами ATLS [188, 211, 220, 322, 454] дотримувалися тактики DCS, де наголошується на своєчасності діагностування бойового ушкодження очей.

Розподіл по категоріях ВС, що брали участь у бойових діях за весь дослідний період, представлено в таблиці 4.4. Представлений розподіл за категоріями свідчить, що в групах порівняння (основній (II група у 94,3 % (616 осіб) та I група у 93,1 % (336 осіб) статистично переважали ($p=0,011$) постраждалі солдатсько-сержантського складу порівняно з офіцерами та іншими особами.

Таблиця 4.4

Розподіл військовослужбовців по категоріях у групах порівняння)

Категорії ВС та ін. осіб		Група дослідження, n (%)		p
		порівняльна I, n=361	основна II, n=653	
Звання	солдати, сержанти	336 (93,1)	616 (94,3)	0,011
	офіцери	20 (5,6)	37 (5,7)	
	інші	5 (1,4)	0 (0)	

Примітка. Порівняння за точним критерієм χ^2 -квадрат

У дисертаційних роботах військових хірургів і травматологів Д. М. Лисуна та А. В. Ордатія та їх вчителя і керівника професора С. О. Гур'єва також спостерігалася дана ознака [60–62, 90, 107]. А їх значна перевага свідчила про недостатність попереднього бойового досвіду, постійного скорочення чисельності особового складу ЗС України та необхідності створення професійної армії в Україні. Такі самі дані представлені в монографії військових хірургів, що більшу частину контингенту вхідного потоку санітарних втрат становили солдати і сержанти – 87–96 % [93, 95, 161].

На території України противник застосовує всі види вогнепальної зброї крім ядерної [7]. Наявність на озброєнні сучасних армій різноманітних засобів збройної боротьби, підвищення їх можливостей, обумовлюють складний, високоманевровий та винищувальний характер бойових дій. З метою переваги в озброєнні та військовій техніці у РФ розробляються зразки нового покоління з принципово новими можливостями вогневого ураження і управління [39, 60–62, 85, 97, 309]. Візуально-балістичний приклад постраждалого солдата Г., 26 р. із БТ очей та інших локалізацій внаслідок застосування термобаричної зброї противником (вакуумної бомби у місті) подано у додатку А26.

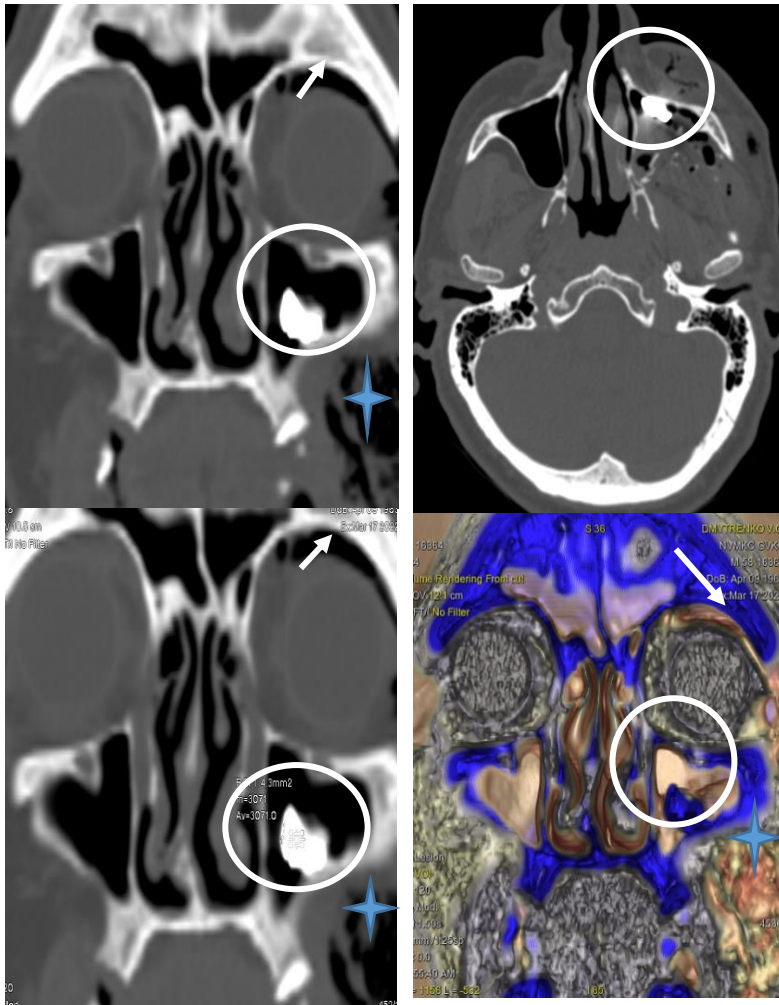
У сучасних війнах структура санітарних втрат залежить від уражаючих факторів (механічного та багатофакторного впливу) зброї. Крім того, на локалізацію поранень впливають балістичні характеристики зброї противника, характер бойових дій (переважно позиційні), інженерне обладнання районів бойових дій, наявність і стан захисних споруд, а також наявність ЗІЗ (бронежилетів та захисних шоломів, окулярів). Тому, наприклад, зменшення кількості поранених в голову та грудну клітку стало наслідком зміни характеру бойових дій та практично повним забезпеченням особового складу ЗІЗ у повномасштабній війні [93, 95, 100, 161]. Візуально-балістичний приклад постраждалого І групи демонструє кульове поранення голови внаслідок пострілу зі стрілецької штурмової зброї АК-74 (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Вогнепальне кульове поранення скроневої ділянки голови постраждалого С., 32 р. І групи

Як продемонстровано на рис. 4.1, постраждалому С., 32 р. виконано МДКТ головного мозку та встановлено багатоуламковий компресійний перелом луски скроневої кістки в зоні коронарного шва зі СТВП, БК калібру 5,45x39 мм, патрона 7Н6. Візуально-балістичний приклад показав вирішальне захисне балістичне значення кевларового шолома, який став фізичною перешкодою на шляху польоту БК та знизив її швидкість до мінімуму. Відповідно до табл. 4.1, 4.2, де показано відмінність між групами порівняння ($p < 0,001$) у розподілі за типом БТ (вогнепальної/невогнепальної травми), балістичними факторами ураження в II групі спостерігали переважання вибухового поранення у 30,5 % (199 постраждалих) та вибухової травми у 36,9 % (241 постраждалих), (рис. 4.2, додатки А27, А28) порівняно з I групою – 16,1 % (58 постраждалих) із вибуховим

пораненням та у 22,4 % (81 постраждалих) з вибуховою травмою, з переважанням у 37,1 % (134 постраждалих) І групи вогнепальних поранень (кульових, осколкових), ($p < 0,05$) для всіх груп порівняння (додаток А27).



Вогнепальне осколкове сліпе поранення середньої зони обличчя, крайовий перелом лівої вилицевої дуги; багатоуламковий перелом задньої стінки лівої гайморової пазухи. СТВП (осколок) лівої верхньощелепної пазухи. Рвано-забійна рана лівої вилицевої ділянки. СПО. ПХО рани лівої вилицевої ділянки. Лівобічна мікро-гайморотомія, видалення СТВП із лівої гайморової пазухи. Візуальний контроль на IV РМЗ. МДКТ головного мозку та черепа. СТВП лівої гайморової пазухи, розміром 14x8 мм, щільність 3071 од. НУ (коло). Газ у ретробульбарній клітковині лівого ока (стрілка). Емфізема м'яких тканин лицевого відділу зліва (зірочка)

Рис. 4.2. Візуально-балістичний приклад ВТ у постраждалого основної II групи внаслідок мінометного обстрілу Солдат Д., 48 р. ВТ.

Як видно з рис. 4.2, застосування противником озброєння та військової техніки сухопутних військ рф, а саме переносного міномета у постраждалого Д., 48 р. внаслідок розриву осколкового боєприпаса спричинило вогнепальне осколкове поранення незахищеної фаціальної АФЗ, із влучанням СТВП в ліву гайморову пазуху, а вибухова хвиля викликала емфізему м'яких тканин лицевого черепа та газ ретробульбарної клітковини лівого ока (щільність -985 од. НУ).

Як видно на додатках A28, A29, постраждалим основної II групи із ВП і ВТ МДКТ з контрастуванням виконали в режимі сканування всього тіла (*Full Body Scan*), де діагностовано поєднані та множинні бойові ушкодження всіх ділянок тіла (голови, грудей, живота, таза).

Експериментально було проведено моделювання прогнозу БУ у постраждалих зі СТВП (осколками, кулями, цвяхами, іншими елементами) різними фракціями осколкових боєприпасів. Доведено, що характер і ступінь ушкодження тканин перебуває у тісному зв'язку з балістичними характеристиками продуктів фрагментації осколкових боєприпасів та наявності захисного шолома, бронежилета, а також показана балістична уразливість незахищених ділянок тіла [37, 49, 97, 156, 158, 169, 373]. Обґрунтована ефективність застосування променевого методу та впровадження даних методів у теоретичні дослідження фізики вибухів [4, 14, 147, 149, 169].

У додатку A29 в постраждалого відмічені захищені зони бронежилетом (жовте та голубе коло – передня поверхня грудної та черевної порожнини), (червоне коло – задня поверхня спини та частина попереку). Спостерігалось попадання осколків під бронежилетом у праву частку печінки (біла стрілка) та їх правобічне розсіювання в м'які тканини кінцівок, поперека, таза (жовта стрілка), що свідчить про недостатній захист нижньо-грудної та поперекової ділянок тіла.

На додатку A27 представлено постраждалого солдата Г., 37 р. I групи із кульовим пораненням черевної стінки внаслідок застосування противником штурмової стрілецької зброї, якому виконали МДКТ без контрастування органів черевної порожнини. Візуально-балістичні ознаки дали змогу ідентифікувати БК калібру 5,45x39 мм, щільність 3071 од. НУ, у 3D об'ємному рендерингу вказали на маркування патрона 7Н10. Відмічені візуальні ознаки БУ черевної порожнини – пневмоперитонеум (-917,5 од. НУ) та перитонеальний випіт (щільність 14,5 од. НУ), що відповідало ексудату. Візуальні ознаки бойових ушкоджень у постраждалих I та II груп не розрізнялися. Клінічні показання та балістичні характеристики застосованого противником важкого озброєння, вогнеметної артилерійської реактивної техніки, авіаційного озброєння, комбінації вогневого

ураження з високою щільністю вогню у постраждалих основної II групи спричинили виникнення тяжких поліструктурних ушкоджень, що обумовило проведення МДКТ у режимі сканування (*Full Body Scan*). У групах порівняння за типом бойової травми (невогнепальної травми, кульового, осколкового поранення, вибухового поранення, вибухової травми) проаналізовано візуальні ознаки з порівнянням параметрів балістичної волюмометрії (об'єм РК, БУ, АФЗ бойових уражень та з вітальним прогностичним індексом, j (%)) (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Порівняльний візуально-балістичний та волюмометричний розподіл бойової хірургічної травми

Волюмометричний показник	Тип бойової травми/кількість бойових ушкоджень, n=283				p
	невогнепальна травма, n=20	вогнП (кульове, осколкове), n=95	ВП (вибухове поранення), n=90	ВТ (вибухова травма), n=78	
Об'єм ранового каналу, ділянки забою, розтрощення тканин (см ³)	118,3 (39,5–221,05)	158,3 (84,6–308)	184,55 (64,6–398,7)	141,25 (56,8–443,6)	0,562
Об'єм анатомічної ураженої структури, АФЗ (см ³)	2134 (362–2139)	1827,5 (956,9–2432)	2091,75 (1305–2973,6)	1949,5 (1342–2492)	0,078
Вітальний прогностичний індекс втраченої тканини внаслідок БТ j (%)	9,7 (4,3–32,7)	10,7 (6,4–27,7)	9,25 (3,5–20)	9,35 (2,7–26,2)	0,198

Примітка. Указано медіану (Me) та міжквартильний інтервал (QI–QIII). Порівняння проводилося за критерієм Крускала-Уолліса

Як впливає з табл. 4.5, статистичну недостовірність візуальних ознак та волюмометричних параметрів [(V_{РК}, ділянок БУ; V_{АФЗ}; j (%)), (p=0,562, p=0,078, p=0,198 відповідно) у постраждалих із БТ можна пояснити тяжкістю та значним обсягом ушкоджень різної локалізації незалежно від її типу, внаслідок механічного та багатофакторного ушкоджуючого впливу вогнепальної зброї, невогнепальної травми.

У групах порівняння вивчено ризик летального випадку залежно від типу бойової травми.

Як впливає з табл. 4.6, у I групі ризик летального випадку пов'язаний із типом бойової травми ($p=0,036$): більший ризик встановлено у постраждалих при невогнепальній травмі у – 15,9 % випадків (додаток А30) та при вибуховому пораненні – у 13,8 % випадків. Як впливає з додатка А30, спеціалізована нейрохірургічна допомога надавалась (згідно з методичними вказівками [65]) постраждалому В., 30 р. I групи (у ЗІЗ не знаходився) на попередньому РМЗ, з метою ліквідації гострої півкульної субдуральної гематоми праворуч, що підтверджено станом після кістково-пластичної трепанації черепа, заміщенням кісткового дефекту аутокісткою.

Таблиця 4.6

**Ризик летального випадку у I групі залежно від БТ
(n=361, померло 35 постраждалих)**

Тип БТ	Померло, n (%)	Вижило, n (%)	рівень значущості відмінності, p
Невогнепальна травма, n=88	14 (15,9)	74 (84,1)	0,036
ВогнП (кульове, осколкове), n=134	7 (5,2)	127 (94,8)	
ВП (вибухове поранення), n=58	8 (13,8)	50 (86,2)	
ВТ (вибухова травма), n=81	6 (7,4)	75 (92,6)	

Примітка. Порівняння проводилося за критерієм хі-квадрат.

Окремого аналізу потребує стан травматизму військовослужбовців ЗС України за причинами та обставинами (ситуаціями) виникнення. У ВС за контрактом у 2018 р. показник був 22,01 %, у 2017 р. дещо вищий – 29,16 % [161]. У 131 обстеженого з невогнепальною травмою були різні причинні фактори та обставини виникнення травми, а саме: механічні ушкодження внаслідок бігу – 3,4 %, стрибків чи падіння в окоп – 4,2 %; побиття під час перебування в полоні – 5,1 %, обмороження, опіки – у 7,4 % випадків. Проте найбільший відсоток випадків спостерігався при ДТП – 16,3 % та кататравмі – 9,8 % у порівняльних групах. Такі дані узгоджуються з даними наших стратегічних партнерів, які

стверджують, що ДТП є третьою провідною причиною захворюваності і смертності з несприятливим прогнозом щодо здоров'я населення до 2030 р. [353].

В додатку А31 – постраждали І групи з політравмою, ДТП, не сумісною із життям (постраждали у ЗІЗ не були, обставини та умови не передбачали їх застосування). У І групі спостерігалися травми таза внаслідок ДТП та з інших причин (додаток А32).

Враховуючи те, що ЗІЗ частіше застосовували в основній ІІ групі – у 84,7 % проти І групи – у 70,1 % випадків ($p < 0,001$), а статистична перевага у ІІ групі вибухового поранення у 26,0 % та вибухової травми – у 36,9 % випадках, проаналізовано ризик летального випадку в постраждалих ІІ групи (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Ризик летального випадку у ІІ групі залежно від БТ
(n=653, померло 70 постраждалих)**

Тип БТ	Померло, n (%)	Вижило, n (%)	p
Невогнепальна травма, n=43	5 (11,6)	38 (88,4)	0,106
ВогнП (кульове, осколкове), n=170	15 (8,8)	155 (91,2)	
ВП (вибухове поранення), n=199	22 (11,1)	177 (88,9)	
ВТ (вибухова травма), n=241	28 (11,6)	213 (88,4)	

Примітка. Порівняння проводилося за критерієм хі-квадрат.

Як впливає з табл. 4.7, в основній ІІ групі не виявлено зв'язку ризику летального випадку з типом бойової травми ($p=0,106$), що можна пояснити багатофакторною ушкоджуючою дією сучасної вогнепальної зброї та комбінації вогневого ураження у сучасній війні.

У загальному масиві обстежених проаналізовано зв'язок віку постраждалих із летальним випадком (табл. 4.8).

Порівняльний розподіл в масиві обстежених за віком

Указано медіану (Me) та міжквартильний інтервал (Q _I – Q _{III})	Померло, n=105	Вижило, n=909	p
Вік, років	35 (27,7–41,0)	33,5 (28,0–39,0)	0,049

Примітка. Порівняння проводилося за критерієм Манна-Уїтні.

Як видно з табл. 4.8, за відмінністю медіан у середньому померлі постраждали із БТ на 2 роки були старшими за тих, які вижили (p=0,049).

Під час ретроспективного вивчення медичних карт стаціонарного хворого (форма № 003/о), аналізу статистичних показників роботи відділень та дефектів у наданні медичної допомоги пораненим, травмованим у НВМКЦ «ГВКГ» встановлено, що значна їх частина мали множинні, поєднані та комбіновані поранення (42–52 % від загальної кількості санітарних втрат), а дефекти та недоліки були пов'язані з догоспітальною допомогою [12, 13, 48, 50, 51, 52].

4.2. Організаційна, лікувальна, діагностична характеристика груп спостереження

У процесі дослідження використано результати: МБЕ (балістичний на лабораторних тваринах та небіологічних об'єктах), системного аналізу, клінічного спостереження, багатофакторного аналізу, медичної візуалізації та візуального контролю, із застосуванням променевих методів (РГ, МДКТ без контрастування та з контрастуванням, РАГ, УЗД, МРТ). Започатковано застосування досягнень сучасної телемедицини, телерадіології, госпітальної системи отримання, обробки, архівування та передачі зображення (PACS24), що в перспективі стане досягненням у системі медичної візуалізації. У дослідженні дотримувалися основ і принципів медичного забезпечення військ, надання хірургічної та діагностичної допомоги на РМЗ із урахуванням візуальних ознак БУ, клінічної оцінки об'єктивності тяжкості травми, стану постраждалого, діагностичних спроможностей рівнів. Своєчасність, безперервність, послідовність та спадкоємність в сучасній системі етапного лікування

у постраждалих II групи базувалась на застосовуванні телерадіології (телеконсультацій, телеконференцій) в невідкладній діагностиці та контролі, що дало можливість проводити постійний моніторинг, візуальний контроль і аналіз діагностичних зображень з II до IV РМЗ (від догоспітального рівня до госпітального лікування). Важливими у досягненні успішного результату лікування постраждалих із БТ були наявність сучасного лікувально-діагностичного та комплектно-табельного оснащення, злагоджена робота усіх підрозділів, розуміння фазності перебігу ранового процесу, травматичної хвороби вогнепальної і невогнепальної травми, можливість застосування сучасних технологій хірургічного лікування та методів візуалізації для скорочення діагностичного періоду у постраждалих на II–IV РМЗ, інформаційна підтримка. Сьогодні людство має достатній інформаційний ресурс, використання якого дало необмежені можливості: «Хто володіє інформацією, той володіє світом» (так сказав Уїнстон Черчель), а його слова не втратили актуальності й до сьогодні [17].

Практичний досвід надання хірургічної та діагностичної допомоги постраждалим із БТ розпочатий з 21 листопада 2013 р. (подій Революції Гідності у м. Києві), який перемістився у зону АТО/ООС (з 2014 р. – 24.02.22 р.) та повномасштабну війну (з 24.02.23 р. по теперішній час) здобутий у НВМКЦ «ГВКГ» відобразив управління, контроль, комунікацію, взаємодію. З подій на Майдані у м. Києві (Революція Гідності), оскільки НВМКЦ «ГВКГ» розташований поблизу збройних заворушень, так і в умовах повношасштабної війни евакуйованим пораненим, травмованим надавали високоспеціалізовану медичну допомогу та проводили госпітальне лікування. Тому діагностичний розподіл у постраждалих, яким виконували променеві дослідження (УЗД, РГ, МДКТ, МРТ, РАГ), мали деякі особливості, що залежали від різних фаз бойових дій, медико-технічного оснащення РМЗ та термінів евакуації (табл. 4.9).

Розподіл постраждалих із БТ на РМЗ (n = 1014)

РМЗ	Медична візуалізація			
	не виконувалась		виконувалась	
	n	%	n	%
II РМЗ (ВМГ, ПХГ), стабпункти	500	49,3	514	50,7
III РМЗ (ВГ регіонів, ОКЛ ім. І. І. Мечникова, ін.)	53	5,2	961	94,8
IV РМЗ (НВМКЦ «ГВКГ»)	0	0,0	1014	100,0

Як впливає з табл. 4.9, на II РМЗ визначився рівномірний розподіл: у 50,7 % (514 постраждалих), яким виконали медичну візуалізацію, та у 49,3 % (500 постраждалих), яким не проводили променеві дослідження. На III РМЗ було проведено візуалізуючих методів у 94,8 % (961 постраждалих) та у 5,2 % (53 постраждалих), яким не проводили. Такий діагностичний перерозподіл пояснюється скороченням РМЗ (ЕМЕ) шляхом авто- та аеромедичної евакуації з II на III та IV РМЗ у короткі терміни, а також лікувальним та діагностичним значенням на IV РМЗ – НВМКЦ «ГВКГ» у першому ешелоні медичної допомоги пораненим, травмованим. На сьогодні у медичній службі ЗС України розроблені та впроваджені нові підходи до її надання в умовах бойових дій: а) наближення кваліфікованої допомоги до зони бойових дій на базі районних та міських лікарень за рахунок підсилення їх військовими хірургами, анестезіологами, рентгенологами, сонологами; б) розгалужена мережа ВМГ; в) задіяні потужні загальнодержавні стаціонарні можливості – лікувальні заклади силових відомств, МОЗ України та науково-дослідні установи НАМН України для надання невідкладної високоспеціалізованої допомоги тяжкопораненим. Модульна побудова медичних підрозділів військових частин і військово-медичних закладів та їх організаційно-штатна структура на кожному РМЗ (ЕМЕ) передбачає можливість надання допомоги на нижчому рівні [27, 82, 161]. Організаційна структура медичних підрозділів та медичних закладів, які становлять основу для розгортання ЕМЕ, передбачають,

за рекомендаціями стандартизованих угод НАТО, розгортання семи основних модулів. Серед них – проведення діагностичних досліджень, хірургічна допомога, стаціонарне лікування тощо. Для підсилення ЕМЕ розгортаються модулі: МВ (УЗД, РГ, МДКТ, лабораторної діагностики, тощо) [82, 93, 95, 161].

4.3. Формування бази даних масиву обстежених

Для оцінювання лікувального, організаційного, діагностичного процесу відповідно до спроможностей РМЗ основна ІІ група була розподілена на підгрупи: ІІ₂ – проводили МДКТ із контрастуванням; ІІ₁ – виконували безконтрастні дослідження. Порівняльна (І група) не розділялася, але враховувалися дослідження з попередніх рівнів. На кожного обстеженого І та ІІ груп заповнювалась експертна карта на основі інформації з медичних карт стаціонарного хворого (Ф.003/о), первинної медичної документації (Ф.027/о), статистичних карт хворих, які вибули зі стаціонару (Ф.066/о), супровідних листів автівок швидкої медичної допомоги (Ф.114/0), журналу приймального відділення, журналу руху стаціонарних хворих, журналу обліку померлих, журналу обліку операцій, журналу обліку променевих досліджень, мобільних формулярів з локалізацією БУ та іншої документації [101, 102, 107, 114, 120, 123–125, 132, 137]. З метою удосконалення діагностичного аналізу зображень, отриманих променевими методами візуалізації на РМЗ, і для стислого оформлення протоколів дослідження були створені мобільні формуляри сортувального ультразвукового та рентгенологічного досліджень (додаток А33). На формулярах вказували зони, маркери БУ, СТВП (кулі, осколки та ін.), а фото-скан відправляли на телефон у захищених шифруваннях програмах, або додавали формуляр до форми 100. Узагальнене діагностичне зображення локалізації та маркерів БУ з мобільних формулярів беззаперечно забезпечило послідовність та спадкоємність, що сприяло підвищенню якості надання невідкладної діагностичної допомоги у постраждалих. Безпосередньо було проаналізовано діагностичні результати із фото-сканів, мобільних формулярів або електронних носіїв інформації у 307 постраждалих. Загалом на ІІ РМЗ

414 постраждалим у польових умовах було виконано 711 променевих досліджень, з них рентгенологічних – 152, ультразвукових – 544 досліджень, а 15 пораним із бойовою нейрохірургічною травмою проведено МДКТ без контрастування. На III РМЗ у 78 постраждалих II₁ підгрупи консультативно проаналізовано 485 променевих досліджень (рентгенологічних – 107, МДКТ – 138, МРТ – 19 досліджень та ультразвукових – 221). У НВМКЦ «ГВКГ» 522 постраждалим II₂ підгрупи виконано 2656 променевих досліджень, з них РГ – 459, МДКТ із контрастуванням – 413, МРТ – 232, РАГ – 69 та УЗД – 1483 обстежень. Крім організаційно-діагностичного аналізу у масиві обстежених, клінічне спостереження було спрямовано на лікувально-діагностичний напрямок діяльності (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Порівняльний розподіл хірургічних операцій на РМЗ

РМЗ	n	Min	Max	Mean	Median	SD	Q _I -Q _{III}	Normal Distr.
II	1014	0	8	1,065	0,5	1,2621	0,0–2,0	<0,001
III	1014	0	18	2,493	2	1,7447	2,0–3,0	<0,001
IV	1014	1	38	5,801	5	4,0007	4,0–6,0	<0,001

Як видно з табл. 4.10, на II, III РМЗ спостерігалися випадки, коли постраждалих не оперували, але МВБТ застосовували. Максимальне число операцій зростало відносно до вищого РМЗ (8, 18, 38 відповідно), а також збільшувалася кількість променевих досліджень. Найбільша кількість операцій за медіаною значення було 5 на IV РМЗ, що обґрунтувало найбільшу кількість проведених променевих досліджень у НВМКЦ «ГВКГ». Із узагальнених даних організаційно-діагностичного, лікувально-діагностичного, клінічного спостереження виникла необхідність у розрахунку потреби у методах МВБТ для дотримання тактики візуального контролю бойових ушкоджень на IV РМЗ у порівняльних групах.

4.4. Характеристика груп спостереження за ознакою відношення до методів медичної візуалізації для дотримання тактики візуального контролю

Представлений розподіл постраждалих за ознакою відношення до проведених променевих методів на II, III, IV РМЗ (ЕМЕ) (табл. 4.11). Загалом на ЕМЕ в масиві спостереження (n=1014 постраждалих) було проведено 3852 променевих дослідження різними візуалізуючими методами.

Таблиця 4.11

Розподіл використання методів МВ залежно від їх виду на ЕМЕ

Етапи медичної евакуації (рівні медичного забезпечення) Обстежені групи		Цифрова рентгенографія	Ультразвукова діагностика	Мультидетекторна комп'ютерна томографія	Магнітно-резонансна томографія	Рентгеновська ангіографія	Усі методи
I група	n	152	544	15	0	0	711
	p %	21,2	24,2	2,7	0,0	0,0	18,5
	m %t	3,0	1,8	1,3	0,1*	0,1*	1,2
II група II ₁	n	107	221	138	19	0	485
	p %	14,9	9,8	24,4	7,6	0,0	12,6
	m %t	2,6	1,2	3,5	3,3	0,2*	1,0
II група II ₂	n	459	1483	413	232	69	2656
	p %	63,9	66,0	73,0	92,4	100,0	69,0
	m %t	3,5	2,0	3,7	3,3	1,4*	1,5
Всього	n	718	2248	566	251	69	3852
	p %	18,6	58,4	14,7	6,5	1,8	100,0
	m %t	1,2	1,6	1,1	0,8	0,4	

Примітка. * – поправка на випадковість 0-ї або 100 %-ї частки.

Як подано в табл. 4.11, II група (основна) була розподілена на 2 підгрупи: II₁ МДКТ без контрастування – у 138 (24,4 ± 3,5) % постраждалих; II₂ МДКТ із контрастуванням – у 413 (73,0 ± 3,7) % постраждалих). Найбільший обсяг досліджень був здійснений на IV РМЗ, у НВМКЦ «ГВКГ» у підгрупі II₂: 2656 (69,0 ± 1,4) % досліджень. У групі I на II РМЗ – 711 (18,5 ± 1,2) % променевих досліджень. На III РМЗ у підгрупі II₁ – 485 (12,6 ± 1,0) % досліджень.

При порівнянні розподілу променевих методів на РМЗ за критерієм χ^2 виявлено, що як в цілому, так і попарно групи розрізняються, [$p_\alpha(\chi^2, df = 8) \ll 0,05$ та $p_\alpha(\chi^2, df=2) \ll 0,05$], що можна пояснити великою кількістю груп спостереження та повним обсягом хірургічної, діагностичної допомоги. З усіх методів статистично значуще превалювало використання УЗД: проведено 2248 досліджень, що склало $(58,4 \pm 1,6) \%$, ($p < 0,001$). РГ та МДКТ відповідно виконано: 718 $(18,6 \pm 1,2) \%$ та 566 $(14,7 \pm 1,1) \%$ досліджень; МРТ – 251 $(6,5 \pm 0,8) \%$, а РАГ – 69 $(1,8 \pm 0,4) \%$ досліджень. З таблиці 4.11 слідує, що статистично значущо ($p < 0,001$) найбільші частки з усіх видів досліджень прийшлися на Π_2 підгрупу: РГ – з 718 досліджень 459 $(63,9 \pm 3,5) \%$, УЗД – з 2248 – 1483, $(66,0 \pm 2,0) \%$, відповідно. РАГ взагалі проводилась тільки на IV РМЗ (69 досліджень). У групі I порівняно із Π_1 більше проводилось РГ: 152, або $(21,2 \pm 3,0) \%$ та УЗД: 544 $(24,2 \pm 1,8) \%$, менше МДКТ: усього 15 досліджень, або $(2,7 \pm 1,3) \%$ проти 138, або $(24,4 \pm 3,5) \%$ у Π_1 та 413 МДКТ, або $(73,0 \pm 3,7) \%$ у Π_2 підгрупі. При цьому у I групі МРТ та РАГ не проводились взагалі. У Π_1 підгрупі проведено усього 19 МРТ, що склало $(7,6 \pm 3,3) \%$ від загальної кількості досліджень. У Π_2 підгрупі виконано найбільшу кількість МРТ: 232 $(92,4 \pm 3,3) \%$. Статистична значущість різниці між наведеними частками не викликала сумніву, оскільки ДІ часток не перетинаються, тобто $p_\alpha(t, df) \ll 0,05$ (табл. 4.12).

Результати порівняння розподілів у дослідних групах як в цілому, так і попарно за критерієм χ^2 доводять, що найбільшу частку променевих досліджень склала УЗД: у I групі ця частка найбільша – $(76,5 \pm 3,1) \%$ ($p < 0,001$), на другому місці у Π_2 підгрупі – $(55,8 \pm 1,9) \%$, у Π_1 підгрупі відповідно $(45,6 \pm 4,4) \%$ (табл. 4.12). У I групі на другому місці РГ $(21,4 \pm 3,0) \%$, МДКТ проведено усього 15 досліджень, які склали $(2,1 \pm 1,1) \%$, а МРТ та РАГ не проводилось взагалі. У Π_1 підгрупі друге місце з невеличкою різницею (незважаючи на її статистичну значущість – ДІ майже не перетинаються) займали МДКТ, РГ, $(28,5 \pm 4,0) \%$ та $(22,1 \pm 3,7) \%$ відповідно. РАГ не проводилось взагалі.

Розподіл використаних методів МВ у досліджуваних групах

Методи МВ для діагностики БТ	Порівняльна I група			Основна II група					
				II ₁			II ₂		
	n	p %	m %t	n	p %	m %t	n	p %	m %t
Цифрова рентгенографія (РГ)	152	21,4	3,0	107	22,1	3,7	459	17,3	1,4
Ультразвукова діагностика (УЗД)	544	76,5	3,1	221	45,6	4,4	1483	55,8	1,9
Мультидетекторна комп'ютерна томографія (МДКТ)	15	2,1	1,1	138	28,5	4,0	413	15,5	1,4
Магнітно-резонансна томографія (МРТ)	0	0,0	0,1*	19	3,9	1,7	232	8,7	1,1
Рентгенівська ангіографія (РАГ)	0	0,0	0,1*	0	0	0,2*	69	2,6	0,6
Всього досліджень	711	100,0		485	100,0		2656	100,0	

Примітка. * – поправка на випадковість 0-ї частки.

У II₂ підгрупі постраждали із БТ на IV РМЗ були забезпечені усіма доступними методами МВБТ. Серед них за частотою застосування із незначною різницею були РГ та МДКТ з контрастуванням: $(17,3 \pm 1,4) \%$ (459 досліджень) та $(15,5 \pm 1,4) \%$ (413 досліджень) відповідно, за ними МРТ $(8,7 \pm 1,1) \%$ (232 досліджень) та РАГ $(2,6 \pm 0,6) \%$ (69 досліджень), (табл. 4.12). Такий розподіл пояснювався високим рівнем матеріально-технічного забезпечення IV РМЗ, фаховою підготовкою рентгенологів, здатних проводити контрастні рентгенологічні дослідження, а також тяжкістю травми, стану постраждалих у післяопераційному періоді. Значно підвищилася частка застосування томографічних досліджень (МДКТ, МРТ) на III та IV РМЗ. Зросла перевага застосування МДКТ із контрастуванням у постраждалих II₂ підгрупи з поліорганною, нирковою недостатністю, на діалізі за життєвими показаннями у НВМКЦ «ГВКГ порівняно з підгрупою II₁ основної групи та I групою. Також паралельно зросла частка переваги використання МРТ у II₂ підгрупі щодо II₁ та I групи обстежених ($p < 0,05$).

Однією з вимог до проведення РАГ була наявність сучасного устаткування та фахова підготовка спеціалістів, тому РАГ проводили виключно у П₂ підгрупі, тобто у НВМКЦ «ГВКГ» на IV РМЗ.

Після обробки результатів отриманих даних, із дотриманням тактики візуального контролю для прогнозування можливої потреби у променевих методах, був запропонований умовний показник потреби на одного постраждалого з БТ (K_{II}). Цей показник можна перерахувати на 10, 100 або 1000 таких постраждалих. За допомогою K_{II} було оцінено необхідну кількість досліджень кожним променевим методом на ЕМЕ (РМЗ) при заданій інтенсивності надходження постраждалих із БТ, який, в свою чергу, залежав від бойового анамнезу поранення, травми, ураження, інтенсивності бойових дій, матеріально-технічного оснащення РМЗ та тяжкості травми, стану постраждалого. Запропонована розрахункова формула базувалася на тому припущенні, що на кожному ЕМЕ (РМЗ) постраждалим із БТ надавалась необхідна невідкладна діагностична допомога у військових медичних закладах МО України та цивільних лікувальних закладах ОЗ у системі єдиного медичного простору в повному обсязі. Тому коефіцієнт потреби було пораховано за формулою 4.1:

$$K_{II} = \frac{N_E^{II}}{N_{CBT}}, \quad (4.1)$$

де N_E^{II} – кількість досліджень на певному ЕМЕ ($E=2, 3, 4$) одним з перелічених вище методів МВ; N_{CBT} – кількість постраждалих із БТ на даному ЕМЕ. Довірчий інтервал коефіцієнта потреби можна оцінити за формулою 4.2:

$$DI(\hat{K}_{II}) = K_n \pm m_K \cdot t(p_\alpha = 0,05, df = N_E - 1), \quad (4.2)$$

де \hat{K}_{II} – генеральний коефіцієнт потреби; N_E – кількість досліджень на певному ЕМЕ; m_K – вибіркова помилка коефіцієнта потреби (формула 4.3):

$$m_K = \frac{1}{N_{CBT}} \sqrt{\frac{N_E^{II} \cdot (N_E - N_E^{II})}{N_E}} \quad * \quad (4.3)$$

Примітка. * – формула для розрахунку вибіркової помилки коефіцієнта потреби виведена, виходячи з властивостей дисперсії та вибіркової помилки абсолютної частоти некілкісної ознаки (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

Розподіл K_{II} за досліджуваними групами та методами МВБТ

Методи МВБТ для досліджень у постраждалих із БТ	Порівняльна I група, n=207		Основна II група			
			II ₁ , n=78		II ₂ , n=729	
	K_n	$m_{II}t$	K_n	$m_{II}t$	K_n	$m_{II}t$
Цифрова рентгенографія (РГ)	0,734	0,104	1,372	0,256	0,630	0,054
Ультразвукова діагностика (УЗД)	2,628	0,107	2,833	0,042	2,037	0,004
Мультидетекторна комп'ютерна томографія (МДКТ)	0,072	0,036	1,769	0,033	0,567	0,002
Магнітно-резонансна томографія (МРТ)	0	*	0,244	0,108	0,319	0,050
Рентгенівська ангиографія РАГ	0	*	0	*	0,095	0,039

Примітка. * – поправка на випадковість 0-ї частоти не розраховувалась

Як видно з табл. 4.13, УЗД переважала при застосуванні на одного постраждалого. Статистично значущої різниці в K_{II} у I групі та II₁ підгрупі немає ($p_{\alpha}(t,df)=0,49$), а у II₂ підгрупі потреба у дослідженнях статистично значуще менша, ніж у I групі ($p_{\alpha}(t,df)=0,005$) та II₁ підгрупі ($p_{\alpha}(t,df)=0,00005$). Розподіл можна пояснити тим, що постраждалим II₂ підгрупи основної групи у важкому та вкрай важкому стані з поліорганною недостатністю проводили МДКТ із контрастуванням та в нативному режимі з послідовним скануванням, що було «золотим стандартом» МВБТ за життєвими показаннями. У порівняльних вибірках за потребою застосування за весь дослідний період переважала УЗД. У I групі на другому місці за потребою виявилася цифрова РГ і набагато менша потреба була у МДКТ. У II₁ підгрупі основної групи на другому місці були методи РГ та МДКТ із незначним переважанням останньої ($p_{\alpha}(t,df)=0,28$). У II₂ підгрупі розподіл коефіцієнта потреби приблизно подібний до II₁ підгрупи – на другому місці РГ та МДКТ із незначним переважанням РГ ($p_{\alpha}(t,df)=0,06$). У табл. 4.14 наведені межі ДІ K_{II} у розрахунку на 100 постраждалих із бойовою травмою. Як впливає з табл. 4.14, для визначення частоти використання променевих методів МВ для діагностики бойових ушкоджень введена умовна одиниця в групах дослідження для дотримання тактики візуального контролю з розподілом у порівняльних групах без врахування МРТ та РАГ (табл. 4.15).

Таблиця 4.14

Діапазони потреби у променевих методах для діагностики БУ на ЕМЕ

Променеві методи МВ для діагностики БУ у постраждалих із БТ	Порівняльна I група		Основна II група			
	КП ^L	КП ^U	II ₁		II ₂	
			КП ^L	КП ^U	КП ^L	КП ^U
Цифрова рентгенографія	63	84	114	160	58	68
Ультразвукова діагностика	252	274	256	311	197	211
Мультидетекторна комп'ютерна томографія	4	11	152	202	52	62
Магнітно-резонансна томографія	0		14	35	28	36
Рентгенівська ангиографія	0		0		7	12

Примітка. $KП^L = (K_{II} - m_{K,t}(p\alpha = 0,05, df) 100$. $KП^U = (K_{II} + m_{K,t}(p\alpha = 0,05, df) 100$.

Таблиця 4.15

Кількість променевих досліджень на одного постраждалого із БТ у обстежених

Променеві дослідження на одного постраждалого із БТ	Порівняльна I група, n=207		Основна II група			
	умовний показник	m % t	II ₁ , n=78		II ₂ , (n=729)	
			умовний показник	m % t	умовний показник	m % t
Загальна кількість досліджень	3,435	0,228	6,218	0,517	3,648	0,077
Цифрова рентгенографія	0,734	0,114	1,372	0,256	0,630	0,054
Ультразвукова діагностика	2,628	0,205	2,833	0,042	2,037	0,004
Мультидетекторна комп'ютерна томографія	0,072	0,037	1,769	0,033	0,567	0,002

Як видно з табл. 4.15, загалом променевих досліджень у I групі було проведено на одного постраждалого із БТ – $(3,4 \pm 0,2)$ досліджень/постраждалих. У II₁ підгрупі відповідно $(6,2 \pm 0,5)$ досліджень/постраждалих, а у II₂ підгрупі – $(3,6 \pm 0,8)$ досліджень/постраждалих.

Найбільша частка променевих методів для діагностики БТ використана на госпітальному етапі – III РМЗ, де надавалася госпітальна допомога та проводилося госпітальне лікування. Це можна пояснити спадкоємністю, послідовністю надання хірургічної, діагностичної допомоги, досягненнями

телемедицини, відносним збереженням рентгенологічних та ультразвукових діагностичних цифрових зображень на електронних носіях, відеозапису, онлайн-архів, рентгенівської плівки збереження зображення, відео-консультацій та звітів про невідкладні діагностичні стани, відображені у мобільних формулярах та загальній медичній документації постраждалих при евакуації на наступний РМЗ. Також такий переважаючий розподіл III РМЗ можна пояснити спроможністю створеної госпітальної бази та ефективною роботою зведених медичних загонів [24]. У I групі та II₂ підгрупі прослідковувалася майже рівна частка використання променевих методів для діагностики БТ, тобто $(3,4 \pm 0,2)$ досліджень/постраждалих у I групі та $(3,6 \pm 0,8)$ досліджень/постраждалих у II₂ підгрупі. У обстежених групах у середньому статистичному значенні на одного постраждалого припадало три УЗД, по одному рентгенологічному та томографічному дослідженню. Такий розподіл променевих методів МВБТ обґрунтовано тактикою візуального контролю, що визначило поняття «безпечна варіація діагностики БТ» (ЗУЗД; 1РГ; 1(0)МДКТ).

У сучасній війні склалися умови, при яких кількість поранених і хворих, яким надавалася багаторівнева хірургічна та діагностична допомога, суттєво перевищували її можливості [152, 187, 246]. Тому вжиті невідкладні заходи щодо налагодження медичного забезпечення були необхідними, своєчасними та адекватними й дали змогу організувати та здійснити надання невідкладної діагностичної допомоги постраждалим із БТ як безпосередньо під час бойових дій (рівневий візуальний контроль), так і на ЕМЕ (етапний візуальний контроль). Створена сучасна система етапного лікування у єдиному медичному просторі з дотриманням основних принципів: своєчасності, спадкоємності та послідовності забезпечила високоефективну хірургічну та діагностичну допомогу. Основні показники системи, види, обсяги та часові показники передбачали трансформацію заходів кваліфікованої, спеціалізованої та високоспеціалізованої допомоги при пораненнях, травмах, ураженнях, що потребувало відповідних змін, впровадження сучасних технологій МВБТ із застосуванням променевих методів дослідження. Зміни визначилися

конкретними умовами бойової і тилової обстановки, кількістю і структурою санітарних втрат, забезпеченістю підрозділів, частин і закладів силами і засобами для надання невідкладної діагностичної допомоги, можливістю сучасної доставки поранених і хворих на наступні ЕМЕ та інформаційної підтримки. Збільшення частки використання променевих методів на одного постраждалого на III РМЗ (обстежено 94,8 %, 961 постраждалих) пов'язано із розширеним спеціалізованим обсягом хірургічної та діагностичної допомоги. Також статистично значуща ($p < 0,001$) перевага евакуйованих на III РМЗ пояснюється можливістю сучасної доставки постраждалих у важкому стані із II на III та IV РМЗ, технічним оснащенням лікувальних закладів III РМЗ (ультразвуковими та рентгенологічними приладами, МДКТ, іншою діагностичною апаратурою). НВМКЦ «ГВКГ», як багатофункціональний медичний заклад, у якому надавали високоспеціалізовану допомогу, максимально ефективно використовували сучасні технології для діагностики найбільшій кількості постраждалих у важкому та вкрай важкому стані. Показник частоти використання променевих методів для діагностики БТ дав можливість прогнозувати необхідну їх кількість в умовах ведення бойових дій, масового надходження поранених, травмованих на ЕМЕ, що сприяло підвищенню якості надання хірургічної і діагностичної допомоги [29, 72, 274, 277, 280].

Таким чином, проведений аналіз обсягу дослідження за ознакою відношення спроможності РМЗ до візуалізуючих методів із дотриманням тактики візуального контролю вказав на такі особливості розподілу: найчастіше БТ діагностували ультразвуковим методом ($58,4 \pm 1,6$) %, що було застосовано у ($66,0 \pm 2,0$) % постраждалих із БТ. Друге діагностичне місце на даному етапі зайняла цифрова РГ ($63,9 \pm 3,5$) %. На II РМЗ відзначилася найбільша частка застосування УЗД ($76,5 \pm 3,1$) % під час надання кваліфікованої та деяких елементів спеціалізованої допомоги та у ($45,6 \pm 4,4$) % постраждалих після евакуації у лікувальні заклади вищих рівнів. Із застосуванням FAST та інших протоколів скоротився діагностичний період до 10 хв. Застосування цифрової РГ для діагностики БТ у ($21,4 \pm 3,0$) % випадків відзначено на етапі кваліфікованої

хірургічної допомоги, а на етапі спеціалізованої їх кількість незначно збільшилася, тобто $(22,1 \pm 3,7) \%$, але дещо знизилася – $(17,3 \pm 1,4) \%$ після евакуації постраждалого у НВМКЦ «ГВКГ», де перевага надавалася МДКТ із контрастуванням постраждалим у важкому та вкрай важкому стані, з поліорганною недостатністю за життєвими показаннями. МДКТ визнано провідним променевим методом діагностики БТ $(73,0 \pm 3,7) \%$, а її застосування залежало від спроможності РМЗ для надання вторинної, третинної медичної допомоги. МДКТ проводилася для сортування, контролю післяопераційних станів, діагностики БУ із застосуванням рентгеноконтрастних засобів, при лікуванні, медичній реабілітації та військово-лікарській експертизі (ВЛЕ) [114, 137]. МДКТ максимально ефективно використовували для надання невідкладної радіологічної допомоги найбільшій кількості поранених і хворих. Вона значимо превалювала ($p < 0,001$) в клінічній радіології вогнепальної та невогнепальної травми з II до IV РМЗ: $(2,7 \pm 1,3) \%$, $(24,4 \pm 3,5) \%$, $(73,0 \pm 3,7) \%$ відповідно. На етапі спеціалізованої хірургічної допомоги використовувалась у $(28,5 \pm 4,0) \%$ постраждалих із БТ. У високоспеціалізованому багатoproфільному лікувальному закладі МДКТ із контрастуванням застосували у $(15,5 \pm 1,4) \%$ постраждалих за життєвими показаннями, а у $(2,1 \pm 1,1) \%$ випадків томографічний метод був використаний на II РМЗ у поранених із бойовою нейрохірургічною травмою.

МРТ застосували у $(8,7 \pm 1,1) \%$ постраждалих, на етапі високоспеціалізованої хірургічної допомоги та у $(3,9 \pm 1,7) \%$ на III РМЗ, що підкреслило ефективність методу із врахуванням бойового досвіду та обмежень застосування у разі наявності куль, осколків та металевих тіл медичного призначення. РАГ проводилась виключно у НВМКЦ «ГВКГ» у відділенні ендovasкулярної хірургії у $(2,6 \pm 0,6) \%$ постраждалим із подальшими доцільними ендovasкулярними оперативними втручаннями для зменшення їх травматичності та ризику інфікування при проведенні відкритих операцій.

Тому було важливо прогнозувати ризик летального випадку за кількістю оперативних втручань (операцій, інвазивних маніпуляцій) на IV РМЗ з розподілом у когорті живих та померлих (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Кількість операцій в розподілі на живих та померлих (n = 1014)

РМЗ	Живі, n = 909	Померлі, n = 105	p
IV	5 (4–6)	6 (4–8)	<0,001

Примітка. Порівняння груп проводилося за критерієм Манна-Уїтні.

Як впливає з табл. 4.16, найбільш значуща ($p < 0,001$) середня кількість операцій – 6 було проведено у когорті померлих. Проведено розподіл кількості операцій у постраждалих відносно їх стану важкості (табл. 4.17) та визначилася залежність оперативних втручань від важкості травми, стану ($p < 0,001$).

Таблиця 4.17

Зв'язок кількості операцій із важкістю травми та стану постраждалих із БТ

РМЗ	Легкий стан, легка травма, n = 202	Середньої важкості стан/травма, n = 257	Важкий стан, важка травма, n = 344	Вкрай тяжкий стан, тяжка травма, n = 211	p
IV	3 (3–4) 2,3,4	4 (3–6) 1,3,4	5 (4–7) 1,2,3	6 (4,25–8) 1,2,3	<0,001

Примітки. Порівняння груп проводилося за критерієм Крускала-Уолліса, постеріорне попарне порівняння проводилося за критерієм Данна:

- 1 – відмінність від групи 1 статистично значуща, $p < 0,05$;
- 2 – відмінність від групи 2 статистично значуща, $p < 0,05$;
- 3 – відмінність від групи 3 статистично значуща, $p < 0,05$;
- 4 – відмінність від групи 4 статистично значуща, $p < 0,05$.

Чим більша була важкість травми та важчий стан постраждалого, тим у середньому було проведено більше операцій (3, 4, 5, 6 та променевих досліджень відповідно). Зв'язок між кількістю оперативних втручань, променевих досліджень у НВМКЦ «ГВКГ» з ризиком летального випадку у післяопераційних постраждалих прогнозували із визначенням операційних характеристик (рис. 4.3).

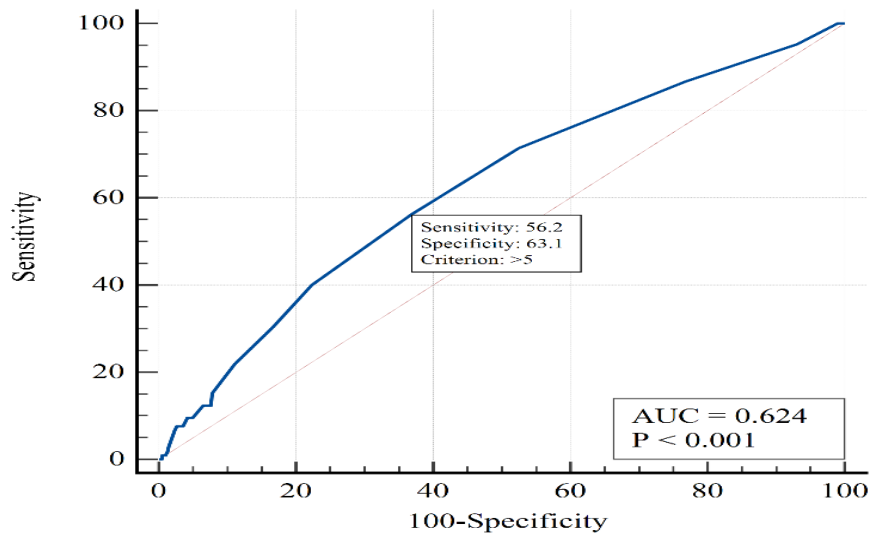


Рис. 4.3. ROC-крива прогнозування ризику летального випадку за кількістю хірургічних операцій, інвазивних маніпуляцій на IV РМЗ

Як впливає з рис. 4.3, площа під кривою операційних характеристик $AUC=0,62$ (95 % ДІ 0,59–0,65), що свідчило про задовільну узгодженість кількості хірургічних операцій, інвазивних маніпуляцій на IV РМЗ із ризиком летального випадку (слабкий зв'язок). Так визначено, що кількість хірургічних операцій, інвазивних маніпуляцій > 5 (чутливість тесту склала 56,2 % (95 % ДІ 46,2–65,9 %), специфічність 63,2 % (95 % ДІ 59,9 %–66,3 %) збільшило ризик летального випадку в постраждалих із БТ у післяопераційному періоді, ($p<0,001$).

4.5. Клініко-нозологічна, організаційно-діагностична, медико-статистична характеристика та медико-візуальна шкала. Загальні положення

Наші стратегічні партнери провели великі епідеміологічні дослідження та визначили, що розповсюдженим типом БТ на полі бою були множинні та поєднані поранення із поліструктурними ушкодженнями, спричинені інженерними та касетними боєприпасами, комбінованою вогнепальною зброєю, які є клінічно найбільш важкими та діагностично складними, а у структурі санітарних втрат переважали вибухові поранення, вибухові травми [103, 184, 231, 253, 362, 437]. Сучасні бойові дії супроводжуються виникненням значної

кількості досить тяжких і поширених БУ різних АФЗ. Через високу енергію факторів ураження сучасної зброї такі БУ – багатокомпонентні [28]. Беручи до уваги значне зростання числа військових конфліктів у світі, а також військовий конфлікт на сході України [27], який переріс у війну, проблема формування системи стандартизованого підходу до оцінки ступеня тяжкості БТ, важкості стану постраждалого як хірургами, так і діагностами набула особливого значення [54, 74, 77, 90–92, 107, 148]. Хірургічна тактика, терміни, обсяг і послідовність виконання хірургічних операцій мають бути обґрунтованими, з врахуванням бойового анамнезу, типу БТ (невогнепальної/вогнепальної травми), виду за локалізацією та кількістю БУ, її тяжкості, стану, що неможливо без об'єктивної оцінки важкості травми, стану пораненого, прогнозування перебігу травматичної, ранової хвороби та наслідків для життя [27, 77, 100, 320, 415, 425]. Передумовами вибору як хірургічної тактики, так і променевих методів була клінічна оцінка важкості травми, стану постраждалого на РМЗ із використанням шкал тяжкості ушкоджень і стану. Однією з найбільш розповсюджених стандартизованих систем оцінки тяжкості ушкоджень є шкала ISS. При використанні даної шкали у постраждалих із політравмою мирного часу не враховуються тяжкі, поширені та багатокомпонентні ушкодження в умовах ведення бойових дій [61–63]. Але анатомічна тяжкість ушкодження та важкість стану постраждалого разом становлять тяжкість БТ, що передбачило тактику візуального контролю на РМЗ. Останніми роками для оцінки тяжкості травм запропоновані індекси, шкали та методи, що базуються на функціональних (оцінка тяжкості стану) й анатомічних (оцінка тяжкості ушкоджень) ознаках або їх поєднанні [27, 28, 76, 77, 210, 220, 230, 242] та науково і практично обґрунтованої структури, класифікації бойової хірургічної травми [27]. Застосування показників ISS та NISS у прогнозуванні ймовірності летального наслідку у пацієнтів із черепно-щелепно-лицевою травмою та політравмою представлені в науковій публікації В. Гур'янова, Є. Шуминського [420]. Шкали оцінки тяжкості травми, важкості стану використовуються

у вітчизняній та закордонній практиці для прогнозу життя постраждалих, контролю перебігу травматичної хвороби у динаміці, ефективності лікувальної тактики. Проте, деякі функціональні, лабораторні показники, інструментальні характеристики структурно-функціональних змін ушкоджених органів не враховуються [10, 11, 28, 77]. Також варто зазначити, що у постраждалих додаткові (факультативні) параметри ушкоджених органів можуть бути нормальними або відхилятися від норми без відповідності отриманій травмі [27, 28, 79], що певною мірою призводить до помилок в оцінці важкості їх стану. Тяжкість ушкодження є статичною величиною [27, 28], тому деталізація показника тяжкості ушкодження збільшується відповідно до діагностичних знахідок [10, 11, 36, 46, 64, 77, 90, 107]. БТ у сучасній війні спричиняється різними уражаючими факторами, патологічно змінює всі органи і системи організму, викликає тяжкі порушення гомеостазу і по суті є бойовою політравмою [27, 28, 79]. Проведений аналіз вітчизняної школи травматологів вказав на недостовірність застосування шкали ISS для визначення тяжкості травми, без врахування його стану [60–62, 90, 107]. Організаційна основа вітчизняної воєнно-польової хірургії ґрунтується на системі надання медичної допомоги країн-членів НАТО (Спільна доктрина НАТО щодо медичного забезпечення (AJP-4/10(B, C) [98, 99, 145, 368, 369], доповнена до Міжнародної статистичної класифікації хвороб, травм та причин смерті ВООЗ (МКХ10) [120, 123]. Інтегральний аналіз результатів стандартизованої бальної оцінки тяжкості травм постраждалих за варіантами шкал ISS, PRS, ATS, AIS-90, RTS вказав на недостовірність та неможливість використання їх у разі БТ в Україні. В шкалах оцінки тяжкості травми не враховуються поліваріантність ушкоджень, відсутність впливу бойового анамнезу (умов отримання, застосування чи відсутність ЗІЗ, вікового фактора, іншого), типу, виду БТ, тяжкості на догоспітальному етапі, характер поранення, відсутність врахування впливу як внутрішньої, так і зовнішньої кровотечі у бальній оцінці. Опираючись на вищенаведене, не рекомендовано [60–62] використовувати стандартизовані

шкали у постраждалих, що побудовані лише на патофізіологічному або анатомічному принципах. Із врахуванням досвіду надання хірургічної допомоги постраждалим вітчизняними хірургами, травматологами розроблена та впроваджена в практику стандартизована оціночна система: шкала Гур'єва Кравцова Ордатія (ГКО, 2018) [107], яка надала можливість оцінити тяжкість травми та важкість стану пораненого. Такий спосіб бальної оцінки у постраждалих із мінно-вибуховими та вогнепальними пораненнями на ранньому госпітальному етапі включив визначення виду ушкоджень, локалізації, параметрів зовнішнього дихання, функціонування системи кровообігу та центральної нервової системи, що досить зручно було тактично [107].

Проте, шкала ГКО не враховувала бойовий анамнез, особливості БТ та зміни в АФЗ, які визначилися в результаті проведення лікувальних, діагностичних заходів на ЕМЕ (госпітальної допомоги, госпітального лікування), а саме (торакоабдомінальна БТ, травматична ампутація кінцівки, краніо-фаціальні поранення, БУ очей, інші поєднані, комбіновані БУ, термічна травма). Не повністю поєднані БТ характеризувалися сумою балів окремих БУ АФЗ, тяжкістю травми, стану, структурно-функціональними змінами в органах та обсягом ушкоджень.

Усі недоліки стандартизованих систем оцінки, об'єктивні та суб'єктивні труднощі їх використання привели до створення комбінованих (гібридних) нестандартизованих систем оцінки, які б могли врахувати як тяжкість ушкодження, так і стан організму постраждалого, але вони застосовуються у повсякденній практиці вибірково та стримано [61, 77, 90, 107].

Тому, узагальнюючи коротку характеристику стандартизованих систем оцінки тяжкості ушкодження та стану постраждалого, ми підтримали думку професора С. О. Гур'єва [60–62] та визначили, що: 1) не існує визнаних, ефективних систем оцінки та методологій застосування шкал; 2) кожна шкала діяла лише в конкретних умовах, що обумовило різну ефективність та результативність.

4.6. Статистичні паралелі клініко-нозологічної та клініко-балістичної характеристики постраждалих із БТ

У результаті багатофакторного аналізу, застосувавши шкали зарубіжних та вітчизняних хірургів, травматологів (AIS (Abbreviated Injury Scale), ISS (Injury Severity Score), шкала (ГКО), (Гур'єв, Кравцов, Ордатій) та, ґрунтуючись на їх досвіді, порівняли ступінь тяжкості травми у групах дослідження (табл. 4.18).

Таблиця 4.18

Порівняння груп за ступенем тяжкості БТ

Ступінь тяжкості травми у постраждалих	Група дослідження, n (%)		p*
	порівняльна I, n=361	основна II, n=653	
1 – легкий	102 (28,3)	100 (15,3)	<0,001
2 – середньої тяжкості	106 (29,4)	151 (23,1)	
3 – тяжкий	99 (27,4)	245 (37,5)	
4 – вкрай тяжкий	54 (15,1)	157 (24,1)	

Примітка. * – використано критерій хі-квадрат;

Як впливає з табл. 4.18, при порівняльному аналізі виявлено, що ступінь тяжкості БТ у постраждалих основної II групи вищий, ніж у постраждалих I групи ($p < 0,001$). Враховуючи, що у групах спостерігалися випадки невогнепальної та вогнепальної травми, тому виникла необхідність порівняти типами бойової травми за тяжкістю травми та важкістю стану (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

Порівняльний розподіл типу БТ за тяжкістю травми, стану, n (%)

Ступінь тяжкості травми, важкості стану у постраждалих із БТ	Невогнепальна травма, n=131	ВогніП (кульове, осколкове поранення), n=304	ВП (вибухове поранення), n=257	ВТ (вибухова травма), n=322	p*
1 – легкий	44 (33,6)	62 (20,4)	9 (3,5)	87 (27)	<0,001
2 – середній	30 (22,9)	111 (36,5)	46 (17,9)	70 (21,7)	
3 – важкий	35 (26,7)	102 (33,6)	113 (44)	94 (29,2)	
4 – вкрай тяжкий	22 (16,8)	29 (9,5)	89 (34,6)	71 (22,1)	

Примітка.* – використано критерій хі-квадрат;

Як видно з табл. 4.19, при проведенні аналізу виявлено, що ступінь тяжкості БТ, важкості стану у постраждалих із вибуховим пораненням вищий, ніж у постраждалих із невогнепальною травмою, вогнепальним пораненням та вибуховою травмою ($p < 0,05$ для всіх груп). Статистично значущої відмінності між невогнепальною травмою, ВогнП (кульове, осколкове поранення), БТ не виявлено ($p > 0,05$). На клінічному матеріалі 1014 постраждалих із БТ визначили характерні особливості зв'язку тяжкості травми та важкості стану постраждалих у залежності від ІМТ (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

Залежність ІМТ від тяжкості травми/важкості стану, $n=1014$

Тяжкість травми/важкість стану	Індекс маси тіла, n (%)				p
	1, n=110	2, n=670	3, n=213	4–5, n=21	
1 легкий	17 (15,5)	141 (21,1)	43 (20,2)	1 (4,8)	0,003
2 середньої	16 (14,5)	183 (27,3)	53 (24,9)	5 (23,8)	
3 важкий	44 (40,0)	220 (32,8)	70 (32,9)	10 (47,6)	
4–вкрай тяжкий	33 (30,0)	126 (18,8)	47 (22,0)	5 (23,8)	

Примітка. Порівняння груп проводилося за критерієм Крускала-Уолліса, постеріорне попарне порівняння проводилося за критерієм Данна.

Як впливає з табл. 4.20, оцінювали взаємозв'язок між показниками ІМТ і тяжкості отриманих БУ та важкості стану. Показники ІМТ у постраждалих були наступні: 1) недовага ($< 18,5$ кг/м²) у 110 постраждалих; 2) нормальна вага (18,5–24,9 кг/м²) у 670 постраждалих; 3) надлишкова вага (25–29,9 кг/м²) у 213 постраждалих; 4–5) ожиріння I ст. (30–34,9 кг/м²); ожиріння II ст. (35–39,9 кг/м²); ожиріння III ст. (≥ 40 кг/м²) у 21 постраждалого. При проведенні аналізу виявлено зв'язок ступеня важкості із ІМТ ($p=0,003$ за критерієм Крускала-Уолліса). При цьому ступінь тяжкості травми та важчий стан у постраждалих з ІМТ ($< 18,5$ кг/м²), тобто недовагою був вищий ($p < 0,05$), ніж у постраждалих із нормальною вагою при ІМТ (18,5–24,9 кг/м²). В інших порівняннях статистично значущих відмінностей не виявлено. Наші дані відрізняються від повідомлення [165], де тяжкість травми прямо пропорційно залежить від зростання ІМТ у постраждалих із політравмою. Отримані дані

показують зворотну залежність ІМТ від тяжкості травми, важкості стану, з переважанням тяжкої травми у постраждалих із недовагою, що можна пояснити розвитком ускладнень та рановим, травматичним виснаженням. Для клінічного та лікувально-діагностичного значення було оцінено функціональний нирковий показник у масиві обстежених, із визначенням рівня креатиніну в плазмі (норма креатиніну в плазмі для чоловіків 115–133 мкмоль/л (1,3–1,5 мг/дл) [114]) порівняно з тяжкістю травми, важкістю стану (табл. 4.21).

Таблиця 4.21

Медико-статистичне оцінювання взаємозв'язку між показниками рівня креатиніну в плазмі і тяжкості травми, важкості стану постраждалого

Рівень креатиніну в плазмі	Стан постраждалого, травма				p
	легкий, n=202	середньої важкості, (n=257)	важкий, n=344	вкрай тяжкий, n=211	
	76,4 3,4 (58,7–91)	79,4 3,4 (68,0–90,8)	88,6 1,2 (72,1–109,5)	94,3 1,2 (69,7–137,6)	

Примітки:

- Порівняння груп проводилося за критерієм Крускала-Уолліса, постеріорне попарне порівняння проводилося за критерієм Данна:
- 1 – відмінність від групи 1 статистично значуща, $p < 0,05$;
- 2 – відмінність від групи 2 статистично значуща, $p < 0,05$;
- 3 – відмінність від групи 3 статистично значуща, $p < 0,05$;
- 4 – відмінність від групи 4 статистично значуща, $p < 0,05$.

За даними постеріорного попарного порівняння можна зробити висновок, що тяжкість травми, важкість стану постраждалого статистично значущо ($p < 0,001$) зростала із збільшенням показника рівня креатиніну в плазмі, а відмінність між групами розподілу від легкого до вкрай тяжкого стану статично значуща ($p < 0,05$). Також медіана та міжквартильний інтервал показника креатиніну у постраждалих із важкою та вкрай тяжкою БТ незначно перевищила межовий показник креатиніну для чоловіків. Тому застосування рентгеноконтрастних засобів для проведення МДКТ з контрастуванням виправдано діагностичною необхідністю та умовною безпечністю для досягнення діагностичної мети за життєвими показаннями з метою скорочення діагностичного періоду.

В групах порівняння загалом оцінили бойову травму за локалізацією та кількістю бойових ушкоджень (табл. 4.22).

Таблиця 4.22

Загальний розподіл постраждалих за локалізацією та кількістю ушкоджень

Вид БТ за кількістю та локалізацією ушкоджень	Вид БУ за кількістю, локалізацією	Група дослідження, n (%)		p*
		порівняльна I, n=361	основна II, n=653	
	a (множинна травма)	74 (20,5)	88 (13,5)	<0,001
	b (ізолювана травма)	109 (30,2)	102 (15,6)	
	c (поєднана травма)	122 (33,8)	381 (58,3)	
	d (комбінована, політравма)	56 (15,5)	82 (12,6)	

Примітка. * – використано критерій хі-квадрат.

Як впливає з табл. 4.22, у групах порівняння статистично переважала поєднана травма у 58,3 % (381 постраждалих) основної II групи над I групою у 33,8 % (122 постраждалих). У I групі достовірно частіше була ізолювана – у 30,2 % (109 постраждалих) та множинна травма – у 20,5 % (74 постраждалих) ($p < 0,001$).

У порівняльному розподілі типу БТ за її видом по локалізації, кількості БУ спостерігали статистично значиму перевагу поєднаної травми у 68,5 % (176 постраждалих); комбінованої травми у 20,6 % (53 постраждалих) з вибуховим пораненням; поєднаної травми з вибуховою травмою у 50,3 % (162 постраждалих) та кульовим, осколковим пораненням у 46,1 % (140 постраждалих), ($p < 0,001$). У постраждалих із невогнепальною травмою статистично значимо переважала ізолювана травма у 31,3 % (41 постраждалих) та політравма у 28,2 % (37 постраждалих), ($p < 0,001$).

Як впливає з табл. 4.23, серед представлених показників також привертає увагу статистично значиме переважання комбінованої травми та політравми ($p < 0,001$) у постраждалих із вибуховим пораненням, що узгоджується з даними професорів Я. Л. Заруцького [27, 28, 79], С. О. Гур'єва [60–62].

Таблиця 4.23

Розподіл типу БТ за видом (локалізація та кількість ушкоджень), n (%)

Вид БТ за кількістю та локалізацією ушкоджень	Невогнепальна травма, n=131	ВогніП (кульове, осколкове), n=304	ВП (вибухове поранення), n=257	ВТ (вибухова травма), n=322	p*
a – множинна	28 (21,4)	65 (21,4)	18 (7)	51 (15,8)	<0,001
b – ізольована	41 (31,3)	94 (30,9)	10 (3,9)	66 (20,5)	
c – поєднана	25 (19,1)	140 (46,1)	176 (68,5)	162 (50,3)	
d – комбінована, політравма	37 (28,2)	5 (1,6)	53 (20,6)	43 (13,4)	

Примітка * – використано критерій хі-квадрат.

Тому в наступному розподілі відображено залежність тяжкості травми та важкості стану постраждалого від її виду за локалізацією, кількістю бойових ушкоджень, відповідно на легкого ступеня (1), середнього ступеня важкості (2), важкого (3) та вкрай важкого (4) (табл. 4.24).

Таблиця 4.24

Розподіл БТ за ступенем важкості, видом (локалізація та кількість БУ)

Ступінь важкості БТ, стану у постраждалих	Вид бойової травми за локалізацією та кількістю бойових ушкоджень, n (%)				p*
	множинна травма, n=162	ізольована травма, n=211	поєднана травма, n=503	комбінована травма та політравма, n=138	
1 – легкий	33 (20,4)	110 (52,1)	54 (10,7)	5 (3,6)	<0,001
2 – середній	58 (35,8)	59 (28)	123 (24,5)	17 (12,3)	
3 – важкий	41 (25,3)	29 (13,7)	225 (44,7)	49 (35,5)	
4 – вкрай важкий	30 (18,5)	13 (6,2)	101 (20,1)	67 (48,6)	

Примітка. * – використано критерій хі-квадрат.

Як видно з табл. 4.24, при порівняльному аналізі виявлено, що ступінь тяжкості БТ за її видом (множинна, ізольована, поєднана, комбінована та політравма) статистично значущо відрізнялися ($p < 0,001$). Так, ступінь тяжкості БТ у постраждалих з ізольованою травмою найнижчий, що відповідало легкому ступеню важкості стану. При множинній травмі дещо

підвищувався ступінь важкості (середній), а при поєднаній травмі був вищий (важкий ступінь) і найвищий (вкрай тяжкий), що встановлено у постраждалих із політравмою та комбінованою травмою ($p < 0,05$ для усіх парних порівнянь).

4.7. Медико-візуально-балістична шкала (МВШ) у постраждалих із БТ для об'єктивізації тяжкості травми та стану постраждалого

У постраждалих груп порівняння для клінічної оцінки об'єктивності тяжкості травми, стану застосували шкали наших співвітчизників (ГКО) та стратегічних партнерів (AIS, ISS). Оскільки однією з найбільш розповсюджених стандартизованих систем оцінки тяжкості ушкоджень є шкала ISS, що застосовується при поєднаній травмі та політравмі, тому саме з нею порівняли інші анатомо-функціональні шкали у масиві обстежених. Серед великої кількості повідомлень про використання шкали ISS у постраждалих із політравмою мирного часу (ДТП, кататравма, інші причини) відсутні повідомлення про особливості застосування стандартизованої системи оцінки ISS серед постраждалих із БТ. Із врахуванням власного досвіду для постраждалих із мінно-вибуховою травмою, нашими колегами було розроблено власну стандартизовану систему оцінки, що названа шкалою Гур'єва Кравцова Ордатія (ГКО, 2018). Шкала ГКО дала можливість оцінити як тяжкість травми, так і тяжкість стану пораненого, була зручна у застосуванні на тактичному та ранньому госпітальному етапах. Шкала дозволила зробити вірогідний прогноз перебігу травматичного процесу [61, 66, 107]. Для об'єктивізації тяжкості травми у пацієнтів із поєднаною травмою та політравмою авторами запропоновано оціночні бали, які представляють тяжкість стану пацієнта в балах, що дозволило визначити порядок лікувальних заходів, для зниження ризику післяопераційних ускладнень. Шкали AIS, ISS не адаптовані до системи та принципів у реально діючій вітчизняній системі хірургічної, травматологічної та безпосередньо діагностичної допомоги в умовах воєнного стану. Також дані щодо наукових засад адаптації застосування візуальних ознак БУ до тяжкості травми, стану постраждалих відсутні. Не існує шкал для оцінювання важкості травми, стану,

які можна було б застосовувати в постраждалих у післяопераційному періоді на етапі госпітального лікування. Тому на тваринах моделювали вогнепальні поранення, що стало підставою для експериментального обґрунтування ефективності застосування променевих методів МВБТ, з аналізом кількісних та якісних візуальних показників. Так, візуальні ознаки БУ, які були визначені шляхом балістичних випробувань, стали необхідними для включення до показників оцінки тяжкості травми з урахуванням стану постраждалого на ЕМЕ для подальшого візуального контролю:

I. Виявлення променевих ознак БУ тіла (пневмо/гідроторакс, пневмо/гідроперитонеум, гідроперикард, пневмоцефалія, забій мозку, внутрішньомозкові оболонкові гематоми, САК, гематоми внутрішніх органів, емфізема тканин, пневмомедіастинум, газ РК, переломи різної локалізації) + 10 балів.

II. Введення в шкалу критерію «травматична ампутація кінцівки», «травматична ампутація органа», візуальні ознаки «ушкодження магістрального нервово-судинного пучка», «БУ ока», «БУ спинного мозку» + 11 балів.

III. Включення оцінки результатів виконання сортувального FAST, модифікованого розширеного EFAST протоколів (позитивний) + 5 балів.

IV. Виявлення СТВП (БК, металеві осколки, фрагменти снарядів, обшивки боєприпасів), локалізація, розміри, щільність + 5 балів, СТНВП (кісткові уламки, СТ медичного призначення) + 2 бали.

Такий розподіл був зроблений, ґрунтуючись на експериментальних даних балістичних випробувань на біологічних і небіологічних об'єктах та після оцінювання математично обчисленого вітального індексу j (%) (табл. 4.5, розділ 4.1).

За межовий показник тяжкості травми, важкості стану постраждалого було прийнято число 10 та 11 (бали) (невогнепальна травма – j (9,7 %); вогнепальна травма: ВогнП (кульові, осколкові) – j (10,7 %); ВП – j (9,25 %); ВТ – j (9,35 %), ($p=0,198$), (табл. 4.5). Посилаючись на числові значення 10 та

11, як найвищі бали тяжкості бойової травми, нами запропонована МВШ шкала у постраждалих із БТ. Візуально-балістична оцінка БТ у постраждалих за модифікованою нами шкалою базувалася на стандартизованій бальній шкалі оцінки тяжкості травми шкали ГКО. До шкали ГКО включено невогнепальну травму, ЗБТ (вибухову травму легень, голови, кишківника, інших органів), та особливості структурно-функціональних змін ушкоджених органів. Відображали ці параметри у модифікованій шкалі-таблиці, присвоювали кожному певну кількість балів, підставляли отримані дані у відповідні графи шкали-таблиці та визначали загальну сумарну кількість балів, аналізували їх під час обстеження постраждалого (додаток А34). Діагностували ступінь тяжкості травми, важкості стану у постраждалих та давали ймовірний прогноз на виживання. В інтегральну оцінку МВШ входила оцінка візуальних ознак бойових ушкоджень та візуалізація СТВП та СТНВП, що підвищила результат від 10 до 20 балів. У подальшому спираючись на чисельні повідомлення про сильну кореляцію між високими показниками по шкалі ISS і смертністю пацієнтів із кульовими пораненнями та після ДТП і тривалістю перебування в стаціонарі [218, 228, 240], а також високу ефективність у прогнозуванні ризиків летального результату у хворих на політравму, шкалу ISS [230, 343, 454] застосовано для порівняння ступеня зв'язку з МВШ (додатки А34, А35).

Оціночна шкала тяжкості травми (ISS) та скорочена шкала (AIS) – це анатомічні системи кодування, які використовуються для класифікації та характеристики тяжкості травми. Проте кожна з них має свої недоліки та переваги [220, 305, 343, 414, 415]. Тому було важливим порівняльно застосувати шкали AIS, ISS, ГКО, МВШ у масиві обстежених (табл. 4.25, 4.26). Як видно з табл. 4.25, у порівняльний розподіл шкал AIS, ISS включено 911 постраждалих, тому що 103 постраждалих із бойовою хірургічною травмою не класифікувалися за даними шкалами порівняно зі шкалами ГКО та МВШ, де обліковані всі 1014 постраждалих (табл. 4.26).

Таблиця 4.25

**Бальне порівняння американських шкал (AIS, ISS) тяжкості травми,
стану постраждалих із БТ (n=911 постраждалих)**

Показник, бали (n = 911)	Ступінь важкості				p
	легкий, n=138	середній, n=230	важкий, n=332	вкрай тяжкий, n=211	
AIS	3 (2–3) [1–10]	3 (3–5) [1–10]	6 (5–8) [2–15]	8 (6–11,75) [3–25]	<0,001
ISS	9 (4–9) [1–36]	9 (9–18) [1–34]	25 (16–30) [4–59]	34 (25–38) [9–70]	<0,001

Примітка. Наведено медіанне значення, міжквартильний інтервал (Q_I – Q_{III}) та розмах [Min – Max]. Порівняння проводилося за критерієм Крускала-Уолліса.

Таблиця 4.26

**Порівняння українських шкал (ГКО, МВШ) з тяжкістю травми,
важкістю стану постраждалих із БТ (n=1014 постраждалих)**

Показник, бали (n = 1014)	Ступінь важкості стану, тяжкості травми				p
	легкий, n=202	середній, n=257	важкий, n=344	вкрай тяжкий, n=211	
ГКО	7 (5-12) [0-20]	17 (15-21) [0-29]	24 (21-26) [7-33]	31 (28-33) [18-48]	<0,001
МВШ	14 (11-17) [0-27]	26 (23-28) [2-42]	34 (31-37) [13-44]	44 (42-47,75) [34-68]	<0,001

Примітка. Наведено медіанне значення, міжквартильний інтервал (Q_I – Q_{III}) та розмах [Min – Max]. Порівняння проводилося за критерієм Крускала-Уолліса.

Таку відмінність можна пояснити наявністю у 103 постраждалих некласифікованих бойових ушкоджень м'яких тканин тіла різного ступеня, опіків, обмороження різної локалізації. Показові значення шкал у групах представлені на побудованих діаграмах розсіювання (додаток А35). Найвище достовірне значення у групах постраждалих різного ступеня тяжкості травми, важкості стану мала шкала МВШ, запропонована нами (додаток А34). МВШ включила в оцінку візуальні ознаки БУ, що були виявлені на етапах медичної евакуації та госпітального лікування. Також із застосуванням кореляційного аналізу шкал тяжкості травми та стану (AIS, ISS, ГКО, МВШ) у 1014 постраждалих порівняли коефіцієнт кореляції Пірсона. Запропонована МВШ тяжкості травми, важкості стану постраждалого корелювала

з показниками ступеня тяжкості травми шкал AIS та ISS (p -value=0,005 для шкали AIS; p -value=0,004 для шкали ISS) тісніше, ніж із шкалою ГКО, що можна пояснити врахуванням, крім ступеня тяжкості травми, стану основних систем організму постраждалого, що було безпосереднім відображенням візуально-балістичних ознак. Також можна зробити висновок, оскільки коефіцієнт кореляції ISS з МВШ вище на $\Delta = 0,032$ (95 % ДІ 0,010 – 0,055) та коефіцієнт кореляції AIS з МВШ вище на $\Delta = 0,033$ (95 % ДІ 0,010 – 0,056), тоді МВШ більш адаптована до шкали ISS, де враховуються анатомічні полісистемні та поліорганні ушкодження. МВШ достовірно корелювала із тяжкістю травми, важкістю стану, що дозволило відобразити візуальні ознаки для об'єктивності клінічної оцінки тяжкості травми, стану (додаток А35). Також виникла необхідність порівняти ступінь зв'язку шкали ISS зі шкалами МВШ та ГКО для доведення точності прогнозування ризику важкого стану у постраждалих із БТ при застосуванні МВШ. Для проведення аналізу використано метод побудови кривих операційних характеристик тесту (ROC-curve), як універсальної метрики вимірювання якості моделей класифікацій. За значенням показників МВШ та ГКО у постраждалих прогнозували ризик тяжкості травми та важкого стану за шкалою ISS. За тяжку травму вважали показник із $ISS > 40$ балів ($n=72$ постраждалих), менш тяжкою вважали при $ISS \leq 40$ балів (839 постраждалих). На рис. 4.2 наведено криві операційних характеристик тестів прогнозування ризику тяжкої травми та важкості стану постраждалого за МВШ та шкалою ГКО.

Як впливає з рис. 4.4, площа під кривою операційних характеристик прогнозування ризику тяжкості травми, важкості стану постраждалого за шкалою ISS для МВШ, $AUC_{\text{МВШ}} = 0,83 \pm 0,02$ і для шкали ГКО, $AUC_{\text{ГКО}} = 0,78 \pm 0,02$, відмінність статистично значуща, ($p=0,002$).

Таким чином, застосування МВШ на етапі медичної евакуації та лікування у НВМКЦ «ГВКГ» дозволило підвищити точність прогнозування ризику тяжкості травми, важкості стану за шкалою ISS порівняно із шкалою ГКО.

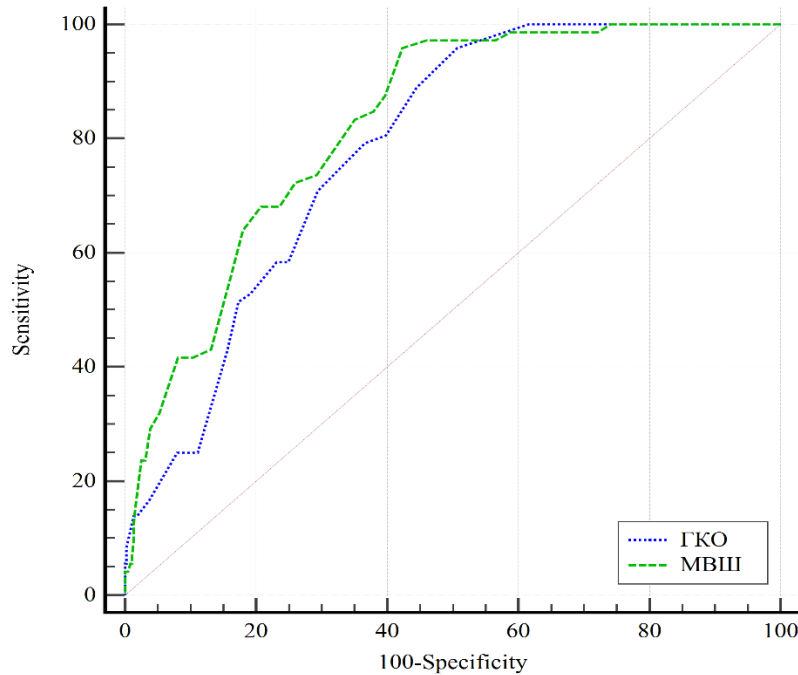


Рис. 4.4. Криві операційних характеристик тестів прогнозування ризику тяжкої травми та важкості стану постраждалого за шкалою ISS, за МВШ та шкалою ГКО

При виборі порогів за Youden Index прогнозування ризику тяжкості травми та важкості стану постраждалого за шкалою ISS доведено, що за шкалою МВШ (критичне значення 32 бали) чутливість тесту складає 95,8 % (95 % ДІ 88,3 %–99,1 %), специфічність 57,7 % (95 % ДІ 54,3 %–61,1 %); за шкалою ГКО (критичне значення 21 бал) чутливість тесту складає 95,8 % (95 % ДІ 88,3 %–99,1 %), специфічність 49,3 % (95 % ДІ 45,9 %–52,8 %). Для аналізу зв'язку між кількісними ознаками використали непараметричні, рангові коефіцієнти. Тому непараметричний кореляційний аналіз для оцінки ступеня зв'язку тяжкості травми, важкості стану постраждалого із показниками вибраних шкал (AIS, ISS, ГКО, МВШ) використали коефіцієнт Спірмена [9, 50, 315] (табл. 4.27).

При застосуванні МВШ, способу візуально-балістичної оцінки тяжкості травми та важкості стану постраждалих із БТ, визнано статистично його достовірним у 97 % випадках ($p < 0,001$), що дозволило генерувати клінічні та візуально-балістичні характеристики БТ для вибору диференційованої хірургічної тактики, візуального контролю на РМЗ, із врахуванням прогнозу наслідків для життя [37, 91, 92, 148].

**Кореляційний аналіз із застосуванням показника рангової кореляції
Спірмена**

Correlation table		AIS	ISS	ГКО	МВШ	Тяжкість
AIS	Correlation coefficient Significance Level P	1	0,923 <0,001	0,630 <0,001	0,64 <0,001	0,657 <0,001
ISS	Correlation coefficient Significance Level P	0,923 <0,001	1	0,656 <0,001	0,687 <0,001	0,695 <0,001
ГКО	Correlation coefficient Significance Level P	0,630 <0,001	0,656 <0,001	1	0,913 <0,001	0,864 <0,001
МВШ	Correlation coefficient Significance Level P	0,649 <0,001	0,687 <0,001	0,913 <0,001	1	0,938 <0,001
Тяжкість	Correlation coefficient Significance Level P	0,657 <0,001	0,695 <0,001	0,864 <0,001	0,938 <0,001	1

Примітка. Spearman rank correlation coefficient.

Як видно з табл. 4.27, доведено функціональний зв'язок із МВШ ($r_s = 1$).

При наявності у постраждалого декількох БУ різних АФЗ їх бали складали. Якщо констатували декілька травм однієї АФЗ (наприклад забій легені та гемоперикард, емфізему м'яких тканин грудної стінки), проставляли бал найважчої травми, в даному спостереженні – гемоперикард (+10 балів); у разі забою головного мозку та перелому кісток основи черепа виставляли найбільший бал – лінійний перелом пірамідки правої скроневої кістки (+10 балів) (додаток А36).

Інтеграція балів при БУ різної анатомічної локалізації, що виникали при травматичних ампутаціях (відчленуваннях) кінцівок при мінно-вибухових пораненнях як унаслідок багатовекторної дії різної важкої реактивної вогнепальної зброї, бали інтегрально складали, а проставляли вищий бал складнішого за обсягом ушкодження або сторону найвищого рівня сегмента відриву кінцівки (+11).

Після розподілу за типом, видом БТ (вогнепальна, невогнепальна травма, множинна, ізольована, поєднана, комбінована, політравма) починалася реєстрація та облік візуальних ознак БУ: їх наявність, характер, локалізація, візуальні показники. У разі візуалізації їх оцінили, описали та

вказали волюмометричні дані в одній або різних АФЗ, топографічних ділянках тіла.

Бали візуальних ознак (переломи кісток, субхондральних пластинок, гематому, емфізему, гемартроз, гідро/гемо/пневмоторакс, гідро/гемо/пневмоперитонеум, пневмомедіастинум, гідро/гемоперикард пневмо/гідроцефалію, забій мозку, внутрішньомозкову, оболонкову гематоми, мієломаліцію, гематорахіс, гематомієлію, артеріо/флеботромбоз, фістулу, екстравазацію контрасту, дефекти контрастування магістральних судин), позитивний результат FAST або модифікованих фокальних протоколів, «травму судинно-нервового пучка», «травматичну ампутацію кінцівки», «травматичну ампутацію органа», «БУ очей», бал при наявності СТВП або СТНВП, додавали до балів стану гемодинаміки, рівня порушення свідомості, функції дихання, а потім все разом складали (додаток А34).

Стандартизована система клініко-радіологічної оцінки важкості ушкоджень та стану постраждалого захищена патентом на корисну модель України № u202000303; заявл. 20.01.2020; опубл. 27.07.2020, Бюл. № 14. «Спосіб оцінки тяжкості пошкодження та стану постраждалого з вогнепальним, вибуховим пораненням, травмою в умовах бойових дій для прогнозу виживання» [37, 91, 92, 148].

Інтерпретація шкали: до 30 балів (до 10 балів включно візуальні ознаки бойових ушкоджень) – легкий ступінь тяжкості травми, важкості стану постраждалого, (прогноз виживання 100 %); 30–39 балів (від 10 балів включно візуальні симптоми БУ) – стан середньої важкості (прогноз виживання 92,4 %); 40–49 балів (від 10 балів включно візуальні симптоми БУ) – тяжка травма, важкий стан пораненого або травмованого (прогноз виживання 73,83 %); 50 балів і вище (від 10 балів включно візуальні БУ) – вкрай тяжка травма, вкрай тяжкий стан пораненого, травмованого (прогноз до 42,85 %) [91, 92, 148].

4.8. Вивчення фактора впливу ускладнень у постраждалих із БТ в післяопераційному періоді на механізми смерті

За результатами клінічного спостереження та ретроспективного аналізу карт стаціонарного хворого (форма № 003/о) 1014 постраждалих із БТ, які лікувалися у хірургічних відділеннях у групах порівняння визначено середню тривалість лікування у НВМКЦ «ГВКГ» (табл. 4.28).

Таблиця 4.28.

Середня тривалість перебування постраждалих із БТ у НВМКЦ «ГВКГ»

Показник	Група дослідження		p
	порівняльна I, n=361 (C)	основна II, n=653 (Osn)	
Середня тривалість перебування, днів	13 (7–19)	9 (6–18)	0,004

Примітка. Використано критерій Манна-Уїтні.

Як видно з табл. 4.28, у порівняльній групі середня тривалість перебування у НВМКЦ «ГВКГ» була 13 діб, що статистично переважало над основною групою (9 діб), ($p=0,004$).

Для виявлення впливу важкості стану постраждалих на середню тривалість перебування (кількість ліжко-днів) у НВМКЦ «ГВКГ» проведено статистичний аналіз (рис. 4.5).

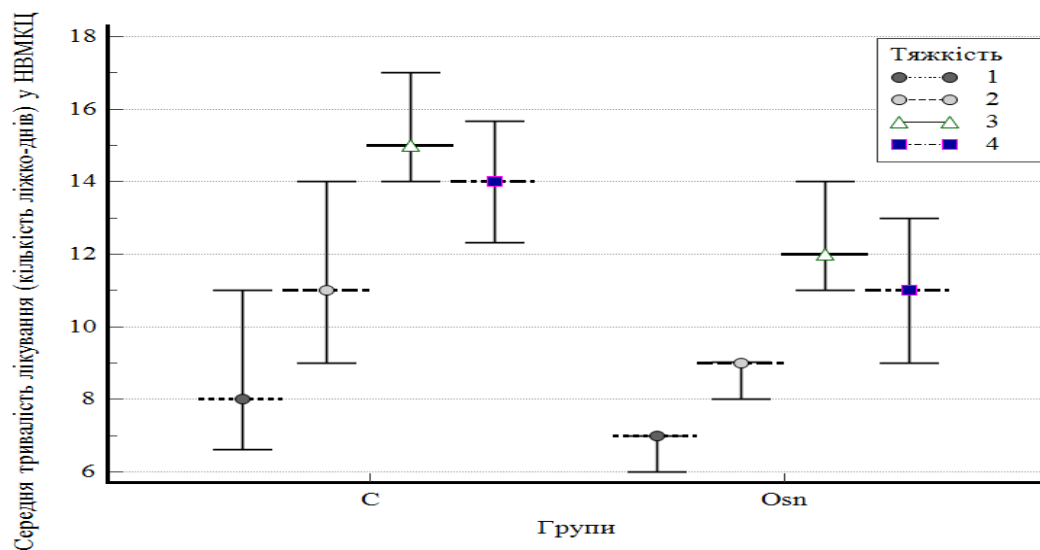


Рис. 4.5. Графік медіанного значення важкості травми, стану і кількості ліжко-днів

Як видно з рис. 4.5, важкий та вкрай тяжкий стан постраждалих основної II групи та порівняльної за медіаною значення не вплинули на середню тривалість перебування у НВМКЦ «ГВКГ», що можна пояснити стабілізацією стану на час переведення у лікувальні заклади України та за кордон. Розподіл середньої тривалості лікування (кількості ліжко-днів) у НВМКЦ «ГВКГ» у загальному масиві обстежених на тих, які вижили та померли за дослідний період, представлено у табл. 4.29.

Таблиця 4.29

Середня тривалість перебування у НВМКЦ «ГВКГ» у розподілі на живі та померлі

Показник	Живі, n=909	Померлі, n=105	p
Середня тривалість лікування (кількість ліжко-днів) у НВМКЦ «ГВКГ», днів	11 (7-19)	8 (5-14)	0,016

Примітка. Указано медіану та міжквартильний інтервал. Використано критерій Манна-Уїтні.

Як видно з табл. 4.29, середня тривалість лікування у НВМКЦ «ГВКГ» у постраждалих із БТ, які вижили, статистично значущо переважала ($p=0,016$) над померлими. Так встановлено, що середня тривалість лікування у НВМКЦ «ГВКГ» померлих, які лікувалися у ВРІТ для хірургічних, нейрохірургічних хворих, складала 8 днів. Тому для виявлення зв'язку летальних випадків у постраждалих, які поступали у ВРІТ, проведено розподіл загального масиву обстежених (табл. 4.30).

Таблиця 4.30

Розподіл постраждалих, які поступили на лікування у ВРІТ (n=1014 хворих)

Поступив у ВРІТ	Група дослідження, n (%)		p
	порівняльна I, n=361	основна II, n=653	
0 – не поступав	245 (67,9)	345 (52,8)	<0,001
1 – поступив	116 (32,1)	308 (47,2)	

Примітка. Використано точний критерій Фішера.

Як видно з табл. 4.30, постраждали основної II групи статистично значущо переважали при надходженні у ВРІТ для хірургічних та нейрохірургічних хворих: у основній, II групі у 47,2 % (308 хворих) над 32,1 % (116 хворих) у I групі, ($p < 0,001$), що можна пояснити важкістю стану, тяжкістю травми внаслідок застосування противником важкого реактивного, авіаційного озброєння в умовах бойових дій повномасштабної війни.

Медико-статистична обробка клінічних даних постраждалих у післяопераційному періоді, які лікувалися у ВРІТ, дозволила встановити зв'язок механізму смерті (набряк, набухання головного мозку, поліорганна недостатність, ниркова недостатність, дихальна, серцево-судинна, серцево-легенева недостатність) з різними ускладненнями, які спостерігалися у постраждалих під час хірургічного лікування у НВМКЦ «ГВКГ».

Згідно з методичними рекомендаціями «Кодування захворюваності та смертності відповідно до Міжнародної статистичної класифікації хвороб 10-го перегляду», затвердженого Наказом МОЗ України 29.08.2008 N 503 з розділу кодування причин смерті з карт стаціонарного хворого (форма № 003/о), проаналізовано симптоми і явища, що супроводжують настання смерті (механізми смерті) у 105 померлих за дослідний період та визначили наступні патологічні стани та явища, що характеризували механізми смерті: ТЕЛА – у 5,7 % (8 постраждалих); набряк, набухання головного мозку – у 42,9 % (45 постраждалих); поліорганна недостатність, синдром масивної гемотрансфузії, ниркова, печінкова, дихальна, серцева недостатність, гострий хірургічний сепсис – у 56,2 % (59 постраждалих); ниркова недостатність у 8,6 % (9 постраждалих) та дихальна, серцево-судинна недостатність, набряк легень, гостра серцево-легенева недостатність у 69,5 % (73 постраждалих) із БТ.

У 8 реанімаційних хворих встановлено ТЕЛА, яка зустрічалася при: набряку легень, інфарктній пневмонії, гострому коронарному синдромі ($p = 0,003$) (рис. 4.4).

Як видно з рис. 4.6, ВРІТ для хірургічних хворих у НВМКЦ «ГВКГ» оснащено сучасною діагностичною апаратурою, що дало змогу діагностувати невідкладні стани у постраждалих із БТ у важкому та вкрай тяжкому стані.

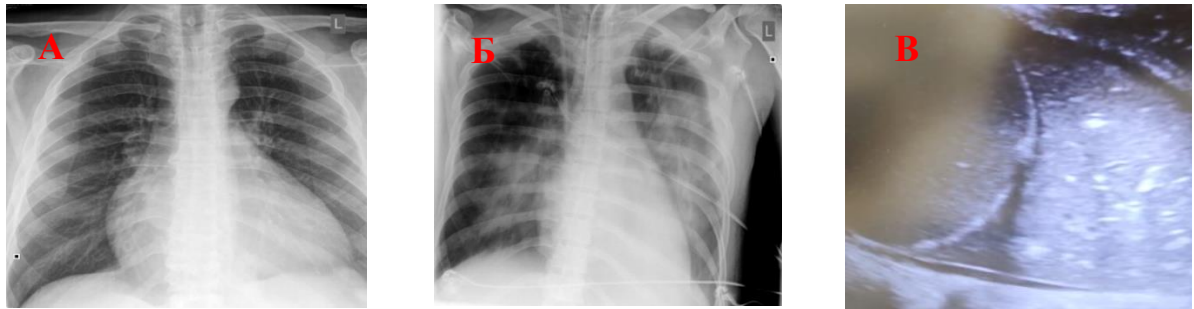


Рис. 4.6. МВ ускладнень у постраждалих із БТ. А, Б. – невідкладна РГ грудної клітки: А – забій серця, розширення всіх камер серця. Б – набряк легень. В – УЗД легень. Пневмонія

Забезпечення центру переносними ультразвуковими приладами дало змогу проводити у реанімаційних хворих різної складності візуальні дослідження, у тому числі ехокардіографію (рис. 4.7).

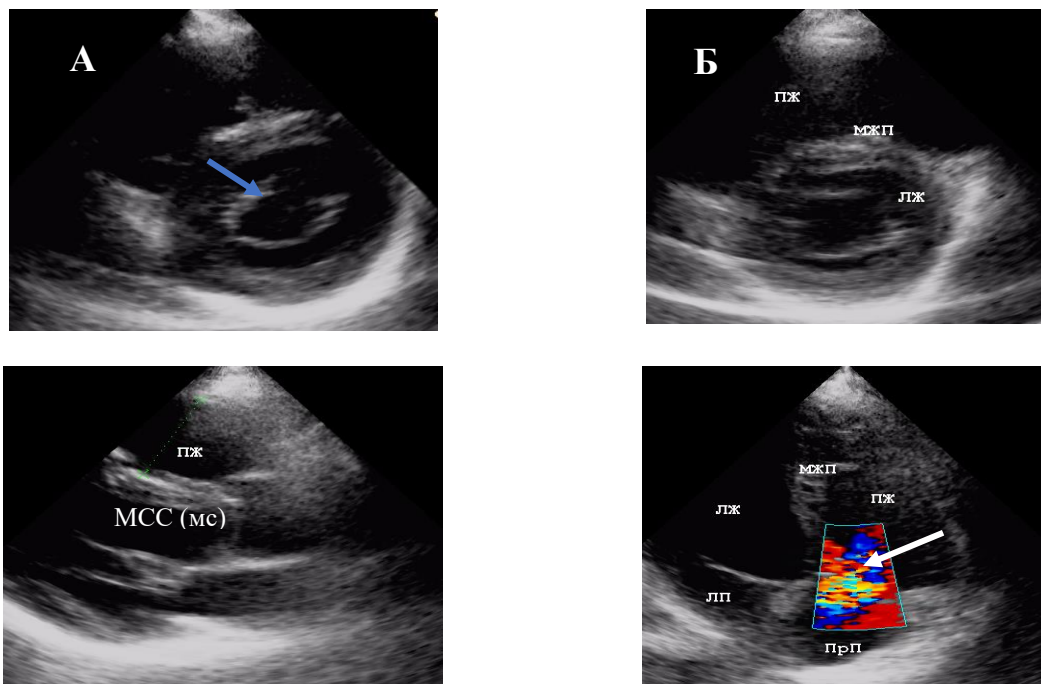
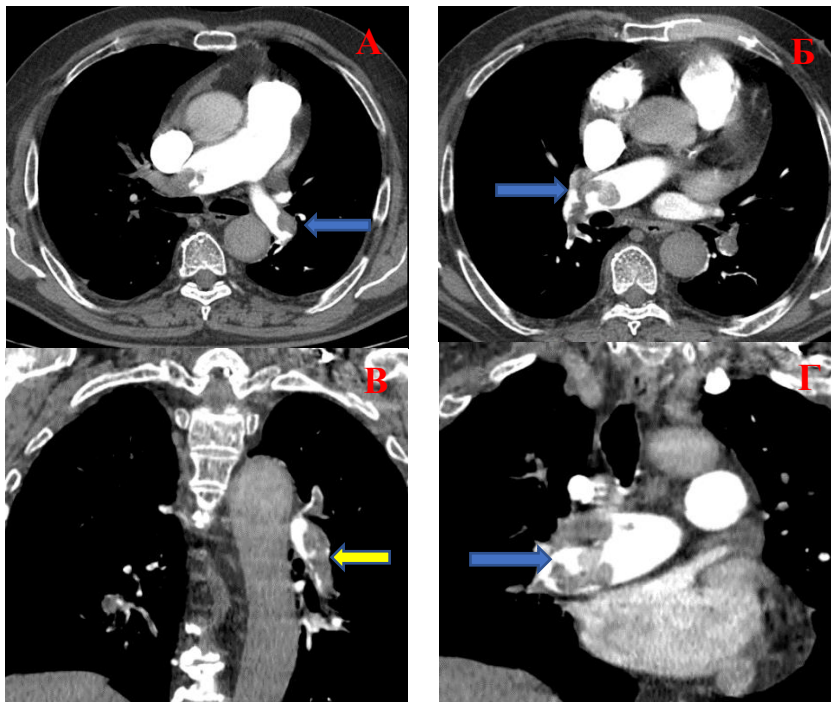


Рис. 4.7. Постраждалий з БТ 37 р. ТЕЛА. Ехокардіографія. АК – аортальне кільце. МШП – міжшлуночкова перетинка. МСС (мс) – мітральна септальна сепарація (маркер скоротливості). ЛП – ліве передсердя. ЛШ – лівий шлуночок. МШП – міжшлуночкова перетинка. ПШ – правий шлуночок. РКТКК – регургітація кровотоку на трикуспідальному клапані (біла стрілка). А, Б. Коротка вісь. Мітральне кільце (голуба стрілка). ПШ – правий шлуночок. МШП – міжшлуночкова перетинка. ЛШ – лівий шлуночок. Довга вісь. ПШ – відстань правого шлуночку 3,4 см

Постраждалому Т., 37 р. з клінічно діагностованою ТЕЛА, зі стабільною гемодинамікою, без виражених ознак правошлуночкової недостатності за даними ехокардіографії (рис. 4.5), виконали МДКТ з контрастуванням грудної порожнини та діагностували субмасивну ТЕЛА (рис. 4.8).



МДКТ з контрастуванням грудної порожнини. М'якотканинний режим: А, Б – аксіальний зріз. В, Г – коронарний зріз.

Тромби в магістральних легневих артеріях (голуба стрілка). Тромбози в лівій легеневій артерії (жовта стрілка)

Рис. 4.8. Постраждалий Б., 38 р., із БТ черевної порожнини та осколковими пораненнями м'яких тканин нижніх кінцівок

За даними УЗДГ у постраждалого діагностовано гострий тромбоз проксимальних сегментів нижніх кінцівок. У інших із ТЕЛА спостерігали венозні тромбози кінцівок. Вони мали множинні вогнепальні переломи кінцівок та бойову травму спинного мозку. У 4-х постраждалих із ТЕЛА визначилися післятравматичні нориці, арозивні кровотечі в післяопераційній зоні ($p=0,042$).

Також у постраждалих із ТЕЛА спостерігали ГПМК за ішемічним типом, гострий гнійнит отит та менінгоенцефаліт після отоластики ($p=0,026$) (рис. 4.9).

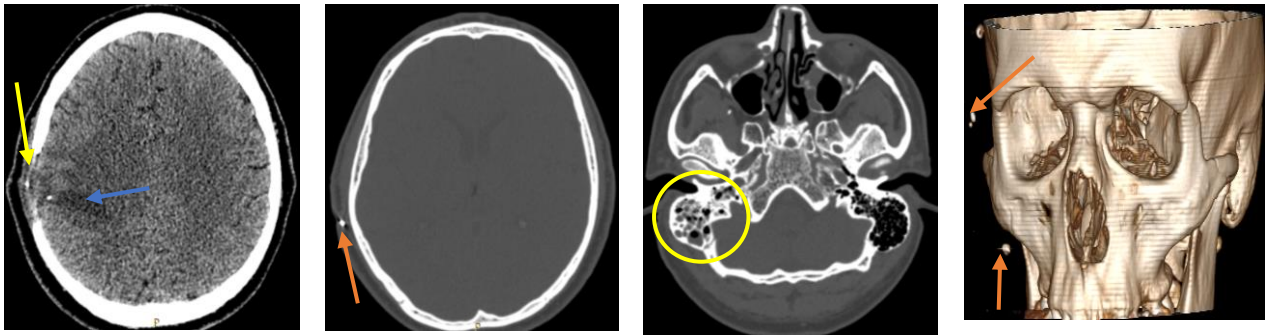


Рис. 4.9. Солдат К., 34 р. Вогнепальне осколкове сліпе проникне радіальне поранення черепа та головного мозку, дірчатий вогнепальний перелом тім'яної кістки праворуч, зі зміщенням кісткових уламків інтрацеребрально, забій головного мозку важкого ступеня з контузіційно-геморагічними вогнищами, САК, СТВП правої тім'яної доли. МДКТ. Дірчатий перелом тім'яної кістки справа з інтракраніальними кістковими уламками (жовта стрілка). Контузійне вогнище правої тім'яної доли (голуба стрілка). СТВП, осколок правої тім'яної доли (помаранчева стрілка). Правосторонній післятравматичний отит (коло). 3D реконструкція. Множинні СТВП м'яких тканин голови справа (помаранчева стрілка)

Також у постраждалих із ТЕЛА спостерігали гемостазіологічні ускладнення – постгеморагічна анемія та венозні тромбози на різних рівнях, локалізації (рис. 4.10).

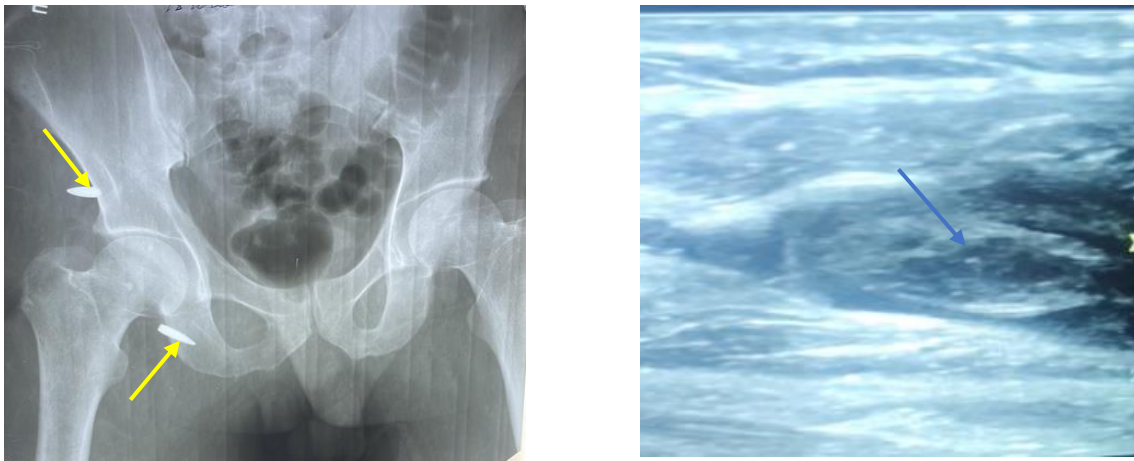


Рис. 4.10. Кульове поранення таза. Рентгенографія таза. СТВП. Кулі таза (жовта стрілка). Флотуючий тромбоз суральних вен (голуба стрілка) за даними ультразвукової доплерографії

У 45 постраждалих із набряком, набуханням головного мозку статистично значущо переважали інтра- та екстракраніальні ускладнення ($p < 0,001$) (додатки А37, А38).

Діагностичне застосування ехокардіографії у постраждалого з хірургічним сепсисом із вегетаціями на мітральному клапані (жовта стрілка) представлено на рис. 4.11.

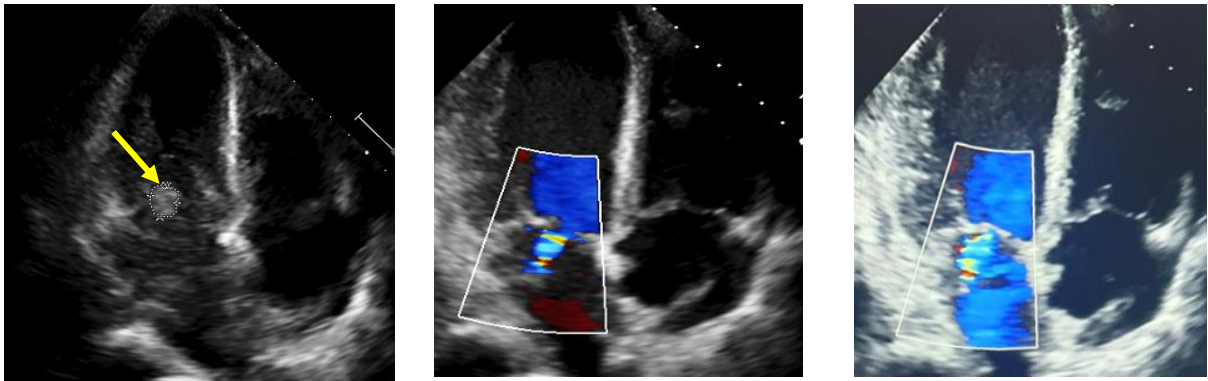


Рис. 4.11. Ехокардіографія. Флотуюча вегетація на мітральному клапані у постраждалого з хірургічним сепсисом (жовта стрілка)

У реанімаційних хворих спостерігали інфекційні (сепсис, перитоніт, флегмона, газова гангрена, гнійний перихондрит, остеомієліт, інші ускладнення) ($p=0,008$) та неінфекційні (набряк легень, гідроторакс, кишкова непрохідність), ($p=0,002$) (додатки А39, А40). Також у померлих із механізмом смерті – набряк, набухання головного мозку зустрічалися пролежні, кахексія, фантомний біль у куксах кінцівок ($p=0,013$), (рис. 4.12) та нефрити, епідидиміт ($p=0,010$).



Рис. 4.12. Померлий солдат Х., 42 р., з пролежнями крижі, куприка. МРТ хребта, спинного мозку

Як видно з рис. 4.12, постраждалому Х., 42 р., з наслідками вибухового поранення: вогнепального осколкового поранення хребта та спинного мозку на рівні ТН11, компресійно-уламкового перелому ТН11. На IV РМЗ (НВМКЦ

«ГВКГ) виконали МРТ хребта, спинного мозку. Візуалізувався грубий фіброзний тяж з перпендикулярною спрямованістю до поздовжньої осі хребтового каналу. Інтрамедулярно на рівні тіла хребця ТН11 до верхньої третини тіла ТН12 визначилася післятравматична кістозна трансформація розміром 40,0x13,5x11,0 мм на рівні ТН11–ТН12, в центральних відділах з фіброзним тяжем (голуба стрілка). Конус спинного мозку на рівні дослідження простежується чітко.

У 27 постраждалих з ускладненим перебігом бойової травми лицевого чи мозкового черепа, головного мозку достовірно частіше ($p < 0,001$) механізмами смерті були ускладнення: набряк головного мозку, ГПМК, інфаркт мозку, інфекційні ускладнення, менінгоенцефаліт (додаток А40). Візуальний контроль у постраждалих із клінічною неврологічною симптоматикою розпочинали з ультразвукової доплерографії (УЗДГ) каротидних та хребцевих артерій в доступних для візуалізації ділянках шиї, що представлено на рис. 4.13.

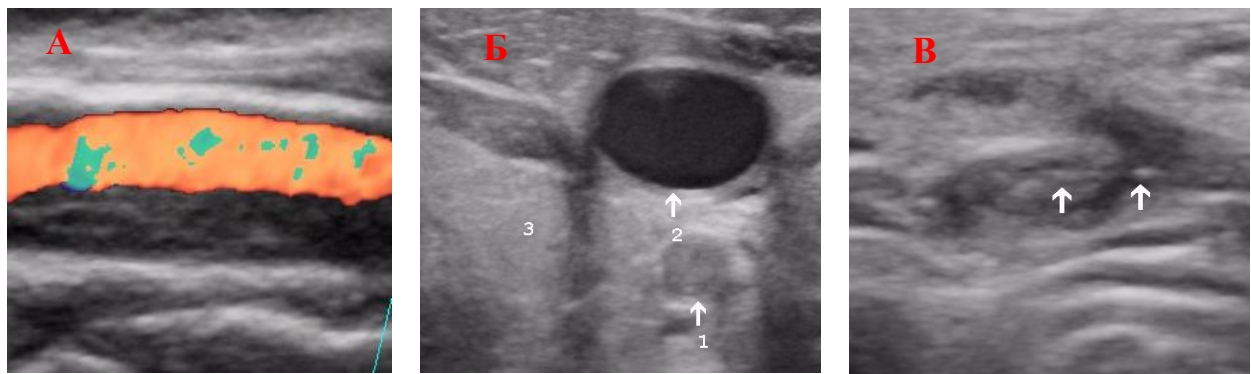
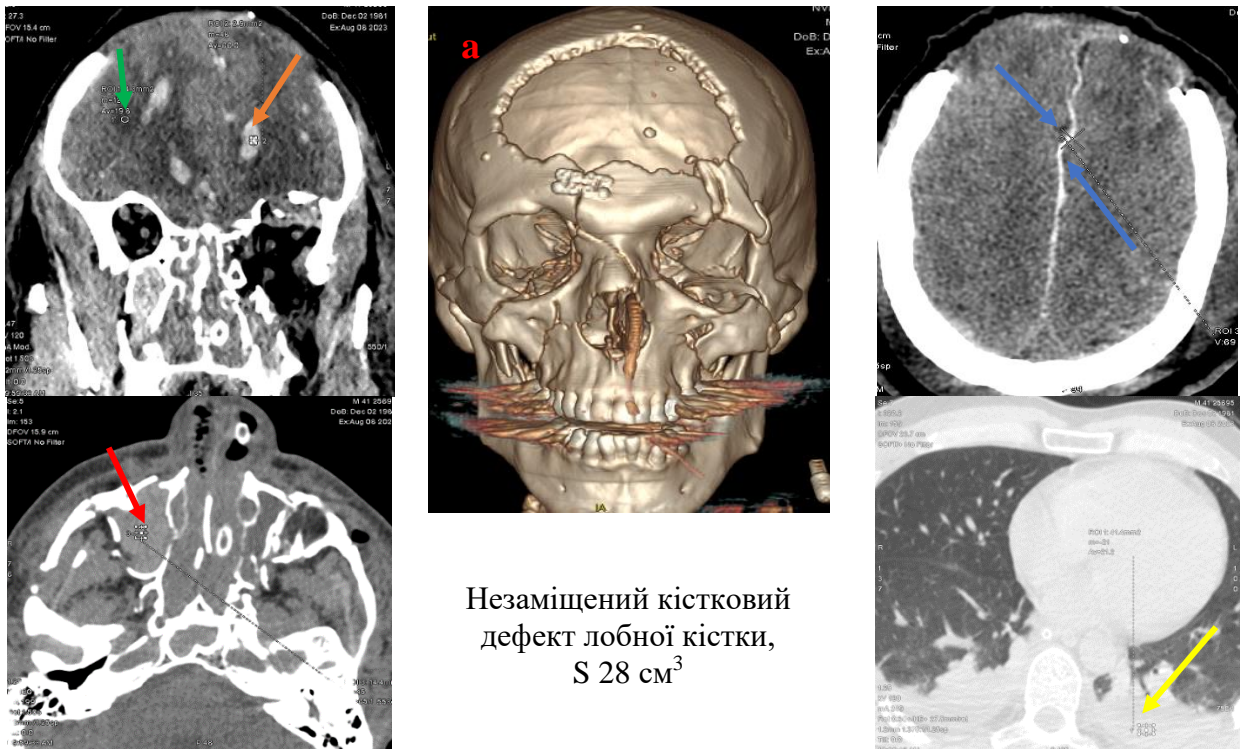


Рис. 4.13. Візуальний контроль на IV РМЗ із застосуванням ультразвукової доплерографії та сірошкального дослідження тканин шиї: А – критичний стеноз ЗСА. Б – СПО аутовенозна пластика з приводу поранення ЗСА: 1 – оклюзія СА; 2 – пластика веною; 3 – ліва частка щитоподібної залози. В – нориці на шиї

Особливу увагу привернуло ускладнення – набухання головного мозку у постраждалих із незаміщеними кістковими дефектами черепа (рис. 4.14).



Незаміщений кістковий
дефект лобної кістки,
 $S 28 \text{ cm}^3$

Рис. 4.14. Солдат К., 41 р. ВП. ВЧМТ. Забій лобної частки обох півкуль головного мозку. САК. набряк головного мозку. Анамнез БТ. Поранення отримав внаслідок авіаційного удару. Знаходився у захисному шоломі та бронезилеті

На рис. 4.14 представлені томограми постраждалого солдата К., 41 р., з ВП черепа та ВЧМТ, який лікувався у ВРІТ для нейрохірургічних хворих. Перед надходженням у ВРІТ йому проведено МДКТ головного мозку, органів грудної клітки, органів черевної порожнини, органів таза (*Full Body Scan*) без контрастування та діагностовано САК по ходу тенторіума в лобних, тім'яних, скроневих долях обох півкуль, набряк головного мозку, щільність 69,0 од. НУ (голуба стрілка); гемосинус, щільність 65,1 од. НУ (червона стрілка); незаміщений кістковий дефект лобної кістки, $S 28 \text{ cm}^3$ (а), забій лобної доли білатерально, щільність 19,8 од. НУ (зелена стрілка); забій лобної частки ліворуч, щільність 66,0 од. НУ (помаранчева стрілка). Як видно з рис. 4.14, крім візуальних ознак бойових ушкоджень головного мозку та черепа, визначилися ушкодження нижньо-базальних відділів обох легень, тому післяопераційний період у нього ускладнився двобічною пневмонією.

Дослідження ризику виникнення ішемічного інсульту у постраждалих із БТ різної локалізації, без наявного домінуючого компонента ушкодження

голови, в літературі майже не зустрічається. Протягом періоду клінічного спостереження ішемічний інсульт виникав у 12 постраждалих (додаток А40), а у 5 з них закінчився фатально.

У 9 важких постраждалих із клінічним синдромом ГПН достовірно частіше ($p < 0,001$) спостерігали ниркову недостатність в механізмі смерті (додаток А41). У них діагностовано інфекційні ускладнення (сепсис, остеомієліт, перитоніт, флегмона, інші) (додатки А36, А39). Спостерігалися: пневмонія ($p = 0,011$), (додаток А42); неінфекційні ускладнення (гострий коронарний синдром, набряк легень, ТЕЛА) ($p = 0,048$); гемостазіологічні ускладнення ($p = 0,013$), післяреанімаційна хвороба ($p = 0,011$). На рис. 4.15 представлений приклад етапованого з ВП кінцівок, відсутність правої верхньої кінцівки на рівні середньої третини передпліччя, правої нижньої кінцівки на рівні середньої третини стегна після вогнепального осколкового поранення з відривом правої кисті та гомілки, ампутації, реампутації, що помер у ВРІТ для хірургічних хворих. У постраждалого був стан після вогнепального поранення, забою головного мозку важкого ступеня, вдавненого перелому кісток склепіння черепа в лівій лобно-тім'яній ділянці та резекційної трепанації з утворенням кісткового дефекту.

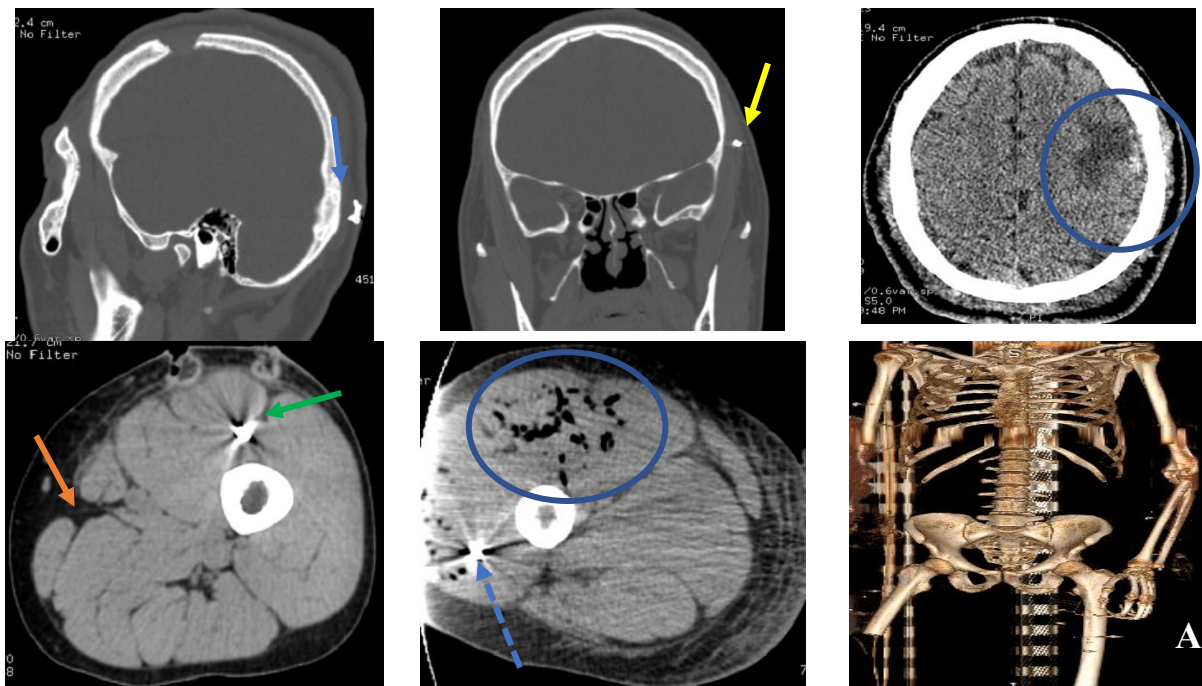


Рис. 4.15. Померлий ст. солдат С., 41 р., з гострим пошкодженням нирок

На IV РМЗ йому було проведено візуальний контроль, із застосуванням МДКТ в режимі сканування *Full Body Scan* без контрастування. Діагностовано: СТВП, осколок м'яких тканин лівої потиличної ділянки (голуба стрілка); СТВП, осколок м'яких тканин лівої скроневої ділянки (жовта стрілка); післяопераційні сформовані кістозно-атрофічні зміни головного мозку (коло); СТВП, осколок м'яких тканин передньої поверхні лівого стегна (зелена стрілка); дефекти м'яких тканин внаслідок встановлених дренажів (помаранчева стрілка); СТВП, осколок м'яких тканин зовнішньої поверхні правого стегна (голуба пунктирна стрілка); флегмона, газ стегна (коло). 3D реконструкція (А). Травматичне відчленування верхньої та нижньої кінцівок.

Також безпосередньо статистично значуща різниця ($p < 0,001$) в механізмі смерті внаслідок ниркової недостатності спостерігалася у постраждалих з ГПН, або з нефректомією на попередніх РМЗ, що ускладнювало перебіг травматичної, ранової хвороби та потребувало проведення тривалого діалізу (додатки А43, А44). У постраждалого А., 30 р. після кульового наскрізного поранення черевної порожнини та заочеревинного простору з ушкодженням правої нирки на попередньому РМЗ виконали правобічну нефректомію, ушили поперечно-ободову, дванадцятипалу кишку та вивели колостому. На IV РМЗ на МДКТ із контрастуванням органів грудної клітки, черевної порожнини, малого таза проконтрольовано встановлення дренажів у черевній порожнині, заочеревинному просторі, черезпечінкову холецистостому, екскреторну функцію єдиної лівої нирки та інші хірургічні оперативні втручання на внутрішніх органах. У нього діагностовано вогнепальний перелом поперечного відростка поперекового хребця L3 (коло) та наслідок бойового ушкодження лівої легені, що представлено на томограмах ателектазом, щільність 50,5 од. НУ (голуба стрілка та лівобічним гідротораксом, щільність 2 од. НУ (голуба пунктирна стрілка), інфільтративні зміни, заочеревинно, щільність 25,3 од. НУ (зелена стрілка); стан після нефректомії, дренаж (жовта стрілка); колостома (помаранчева стрілка) (додаток А43). Механізм смерті – ниркова недостатність

спостерігали у постраждалих із травматичним відчленуванням кінцівок при ВП, турнікетному синдромі (додаток А44). Таким постраждалим у важкому та вкрай важкому стані на IV РМЗ виконували МДКТ з контрастуванням (*Full Body Scan*) за життєвими показаннями.

У 59 постраждалих із механізмом смерті – поліорганною недостатністю визначився достовірно значимий рівень ($p < 0,001$) наступних ускладнень: головного мозку, інфекційних та неінфекційних, пневмонія, гемостазіологічні ускладнення, ниркова недостатність та післяреанімаційна хвороба (додаток А45). На рис. 4.16 представлено приклад постраждалого з вогнепальним багатуламковим переломом стегнової кістки, розвитком інфекційних ускладнень м'яких тканин стегна та тромбозом глибоких вен, у якого розвинулася поліорганна недостатність. Як видно з рис. 4.16, у постраждалого М., 26 р., проведено МДКТ кісткової системи у стані після МОС правої стегнової кістки з приводу багатуламкового вогнепального перелому та проконтрольовано перебіг консолидації кісткової тканини зони перелому, стану МОС. В післяопераційному періоді у постраждалого розвинулися ускладнення – остеомієліт стегнової кістки та поліорганна недостатність.



Рис. 4.16. Матрос М., 26 р. Вогнепальний багатуламковий перелом правої стегнової кістки. Стан після МОС правої стегнової кістки з приводу багатуламкового вогнепального перелому в стадії консолидації (голуба стрілка): А, Б – кістковий режим: А – коронарний зріз. Б – сагітальний зріз. В – 3D реконструкція

У 20 постраждалих із поліорганною недостатністю було діагностовано заброневу травму, ЗБТ – ВТЛ, ($p=0,001$) (рис. 4.17, 4.18).



Рис. 4.17. ВТЛ у постраждалого із БТ. УЗД лівої плевральної порожнини; Колапс лівої легені. Аеробронхограма, ателектази (жовта стрілка); рідина в лівій плевральній порожнині (голуба стрілка). МДКТ легень. Коронарний зріз. Контузійні ділянки верхньої і нижньої частки правої легені (жовта стрілка). МДКТ легень. Сагітальний зріз. Контузійні ділянки верхньої, середньої частки правої легені (зелена стрілка)

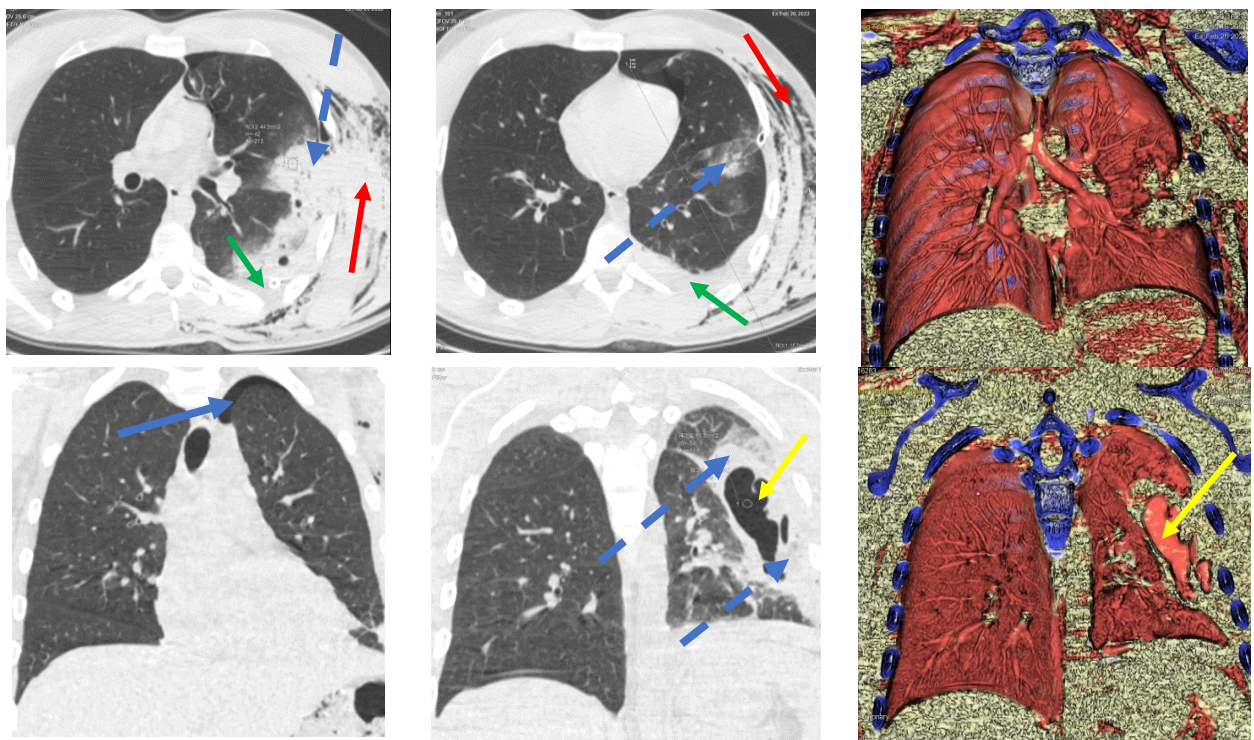


Рис. 4.18. Солдат М., 19 р. Вогнепальне наскрізне проникаюче поранення грудної клітки зліва з вогнепальним переломом 5-го ребра зліва, лівобічним постратравматичним пневмотораксом. Забій серця. Гематома лівої аксілярної ділянки. Дотичне поранення м'яких тканин нижньої третини лівого стегна. Ускладнення. Внутрішньо-плевральна кровотеча зліва. Кровохаркання. Постгеморагічна пневмонія, середнього ступеня важкості. Посттравматичний плексит. Анамнез БТ. Кульове поранення отримав, знаходячись в бронезилеті, шоломі. СПО. Торакоцентез, дренивання лівої плевральної порожнини

Як видно з рис. 4.17, 4.18, ВТЛ була розцінена як первинне бойове ушкодження легень внаслідок вибухової хвилі та багатофакторного впливу з розвитком патологічного балістичного стану – заброневої легені. МВ таким постраждалим проводили із застосуванням ультрасонографії та МДКТ без контрастування.

На прикладі візуального контролю ВТЛ у постраждалого М., 19 р. на рис. 4.18, представлено візуально-балістичну ознаку утворення кавітаційних порожнин неправильної форми при поздовжньому розриві альвеол внаслідок опору еластичної паренхіми легень під дією балістичних хвиль.

На IV РМЗ постраждалому виконали МДКТ без контрастування органів грудної клітки, кісткової системи, встановлено: пневмоторакс, щільність –906,2 од. НУ (голуба стрілка); забій легень, щільність 21,5 од. НУ (голуба пунктирна стрілка).

Від розповсюдженої балістичної хвилі утворилася порожнина із забійною ділянкою по периферії кавітації (голуба пунктирна стрілка) та газ в ділянці забою, щільність –959,3 од. НУ (жовта стрілка). Діагностовано гемоторакс, щільність 62,5 од. НУ (зелена стрілка), гематома аксиллярної ділянки, щільність 52,3 од. НУ та підшкірна емфізема (червона стрілка). Так, відмінність щільності пневмотораксу (–906,2 од. НУ) та газу в кавітаційній порожнині (–959,3 од. НУ) можна пояснити тим, що, крім повітря, у порожнину при розриві альвеол потрапив рідинний вміст.

У важких постраждалих, які перебували у ВРІТ застосовували УЗД грудної та черевної порожнини цілодобово із сортувальною та діагностичною метою, що представлено на рис. 4.19.

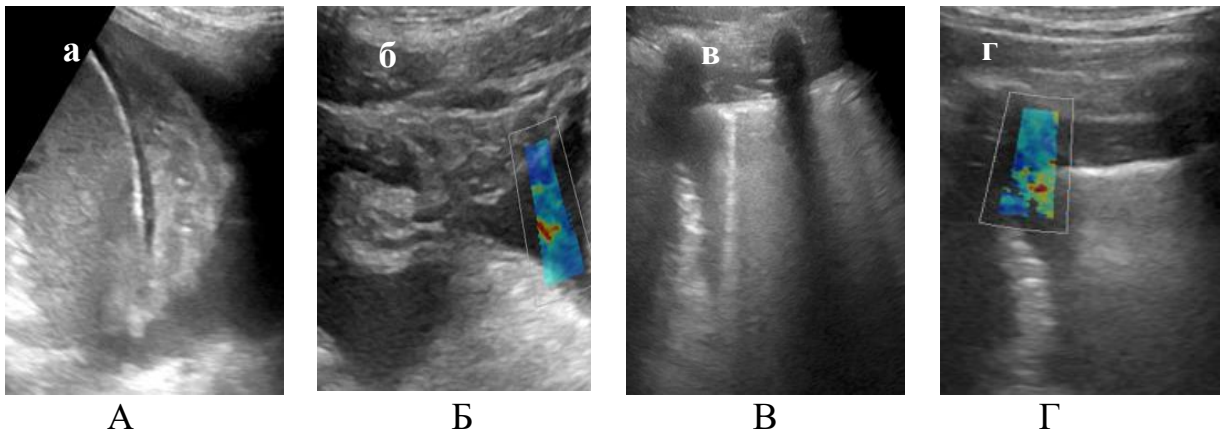


Рис. 4.19. Візуальний контроль у післяопераційного постраждалого з пораненням внутрішніх органів із застосуванням УЗД: А – консолідація лівої легені. Аеробронхограма. Лівосторонній малий гідроторакс. Б – СЕГ вільної рідини порожнини малої миски. СЕГ Е 12 кПа (ексудат). В – ділянка консолідації правої легені, одна В-лінія. Г – СЕГ гідротораксу Е 7 кПа (трансудат)

У постраждалого ІІ групи з вогнепальним осколковим пораненням попереку, сідниць, живота та ВТ грудної клітки в бронежилеті з легневим балістичним ускладненням – пневмоцеле, що утворилося внаслідок безпосередньої вибухової дії боєприпаса, спостерігали поліорганну недостатність (рис. 4.20).

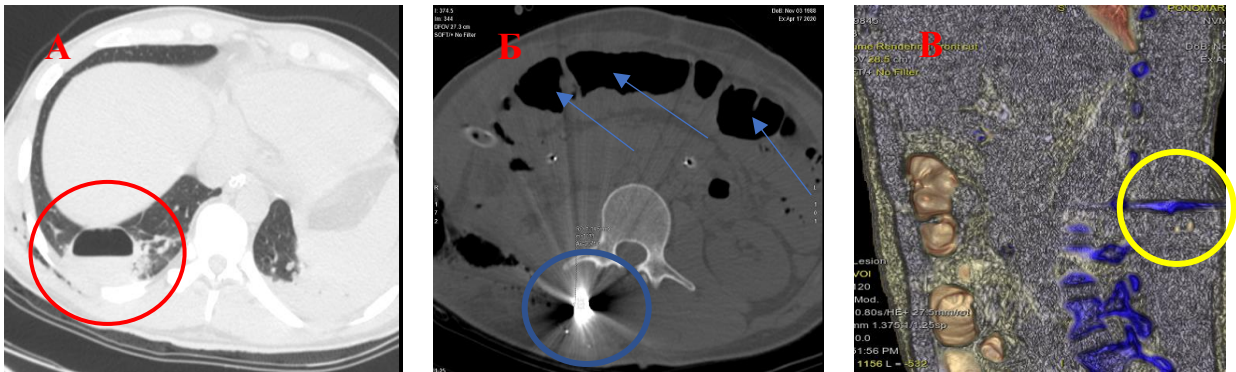


Рис. 4.20. Капітан П., 34 р. ВП. Вогнепальні множинні осколкові наскрізні поранення живота, таза, поперекової ділянки з вогнепальним переломом XII ребра справа та остистого відростка L3 хребця. Розтрощення правої нирки, ускладнена заочеревинною гематомою, з розривом печінкового кута ободової кишки, ускладнена гемоперитонеумом, множинні розриви правої долі печінки. ВТ в бронежилеті грудної клітки, післятравматичне пневмоцеле, пульмоніт нижньої долі правої легені. Динамічна кишкова непрохідність. Анамнез БТ. Поранення отримав внаслідок ворожого стрілецького та мінометного обстрілу, знаходився в шоломі, бронежилеті

У постраждалого П., 34 р. (рис. 4.20), із перевідного епікризу стало відомо, що на II РМЗ у ВМГ йому виконали лапаротомію, правобічну нефректомію, геміколектомію, коагуляцію розривів печінки, санацію та дренування черевної порожнини, ПХО ран правої поперекової ділянки. На III РМЗ у ВМКЦ ПнР виконали повторну хірургічну обробку ран правої поперекової ділянки, сідниці, видалили СТВП, металевий осколок з ділянки остистого відростка L3 хребця, дренували праву плевральну порожнину та наклали VАС-пов'язки. При надходженні на IV РМЗ йому для візуального контролю виконали МДКТ без контрастування та діагностували – післятравматичне пневмоцеле нижньої долі правої легені (червоне коло), розцінено як вибухова легеня, присвоєно «симптом брязкальця» (поперечний розрив альвеол) та візуалізовано осколок м'яких тканин правої поперекової ділянки, щільність осколка 3071 од. НУ, оболонки кулі 5,45 мм (коло). У 3D об'ємному рендерингу представлено БК в м'яких тканинах поперекової ділянки (коло). Ускладненням у постраждалого було: динамічна кишкова непрохідність (стрілка). На фоні поліорганної недостатності розвинулася серцево-легенева недостатність. Пролежні, ранове виснаження, згинальні контрактури були у 6 померлих з механізмом смерті поліорганної недостатності ($p=0,010$). Представлений візуально-балістичний приклад осколкового поранення шиї у постраждалого Б., 37 р., з бойовим ушкодженням незахищеної цервікальної АФЗ (рис. 4.21).

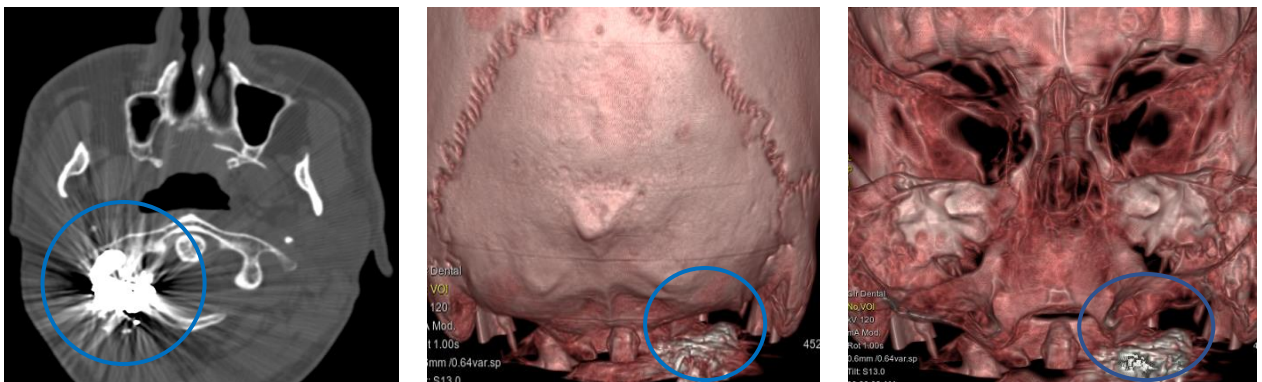


Рис. 4.21. Сержант Б., 37 р. Вогнепальне осколкове поранення шиї. Поранення отримав внаслідок розриву касетної міни на відстані до 1 м, був у шоломі. Візуальний контроль на IV РМЗ. МДКТ голови. Металевий осколок на рівні передньої, задньої дуг атланта справа, щільність осколка 2531,6 од. НУ (коло). Касетні міни. Механізм смерті – поліорганна недостатність

Як видно з рис. 4.21, СТВП, осколок із корпусу касетної міни візуалізувався на рівні дуги атланта справа. Представлений приклад краніо-вертебрального поранення на рівні стовбура головного мозку та спинного мозку показав важкі наслідки. У постраждалого виникли пролежні, кахексія та поліорганна недостатність (додаток А49). Евентерація органів визначалась у 4 померлих з поліорганною недостатністю ($p=0,001$) (рис. 4.22).

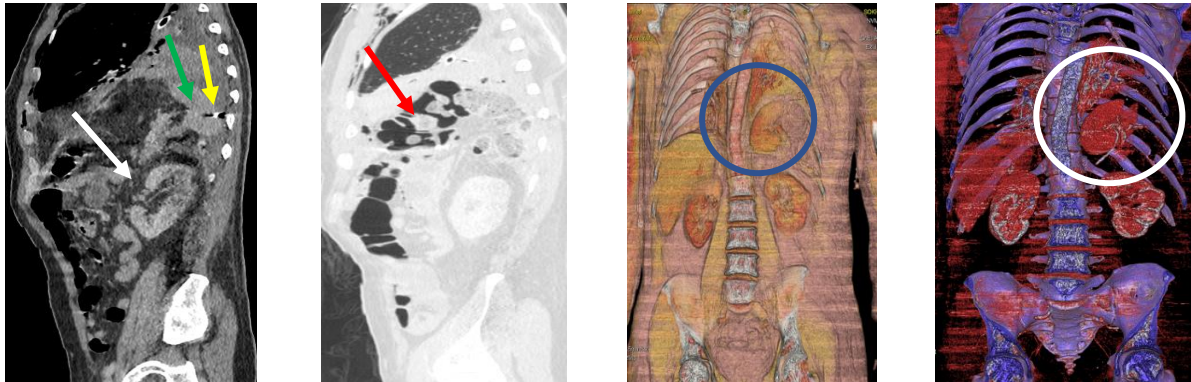


Рис. 4.22. МДКТ з контрастуванням органів черевної та грудної порожнини. Дефект діафрагми (біла стрілка). СТВП, осколок 5,1x2,2 мм, щільність 3071 од. НУ (жовта стрілка). Хвіст підшлункової залози, щільність +37 од. НУ (зелена стрілка). Петлі товстої кишки в грудній порожнині (червона стрілка). 3D рендеринг. Селезінка в грудній порожнині (коло)

Як видно з рис. 4.22, на візуально-балістичних моделях представлено застосування МДКТ із контрастуванням для діагностики бойових ушкоджень внутрішніх органів. У підяопераційного постраждалого з торакоабдомінальним пораненням діагностовано масивне ушкодження склепіння діафрагми та візуалізовано органи черевної порожнини (селезінки, товстого кишківника) в плевральній порожнині. Заслуговують на увагу високий рівень значущості відмінності ($p<0,001$) післяреанімаційної хвороби у постраждалих із поліорганною недостатністю як механізму смерті (рис. 4.23). Постраждалому Ш., 50 р., І групи з вогнепальним наскрізним кульовим проникним пораненням живота, з бойовими ушкодженнями печінки, жовчного міхура, селезінки; кульовим пораненням м'яких тканин правого передпліччя на IV РМЗ виконали МДКТ без контрастування головного мозку, органів грудної та черевної порожнини (*Full Body Scan*). З анамнезу відомо, що під час отримання поранення у бронежилеті, шоломі поранений не перебував.

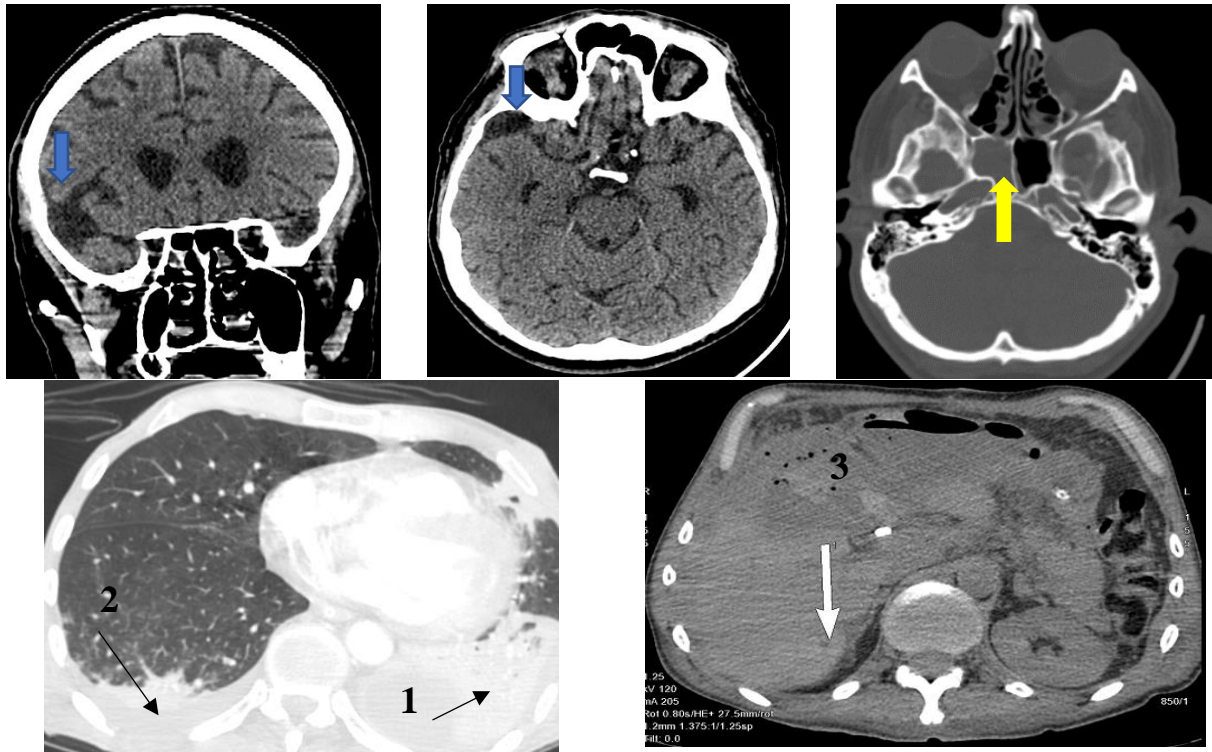


Рис. 4.23. Померлий ст. солдат Ш., 50 р., з післяреанімаційною хворобою

На II РМЗ йому виконали лапаротомію, ушивання лівої та правої долей печінки, холецистектомію, ушивання ложа жовчного міхура, ПХО вогнепальних ран. Він був евакуйований після стабілізації стану на III РМЗ (ВМКЦ ПвР) та розміщений у ВРІТ. СПО. Релапаротомія, спленектомія. На 7-му добу після поранення етапований на IV РМЗ (НВМКЦ «ГВКГ»). На IV РМЗ на 12 добу після поранення виконали ендобілярне стентування, під контролем УЗ пункційне дренивання гемобіломи печінки; на 30-ту добу – повторна хірургічна обробка рани передньої черевної стінки; на 45-ту добу – релапаротомія, ревізія, ушивання арозованої судини на поверхні рани печінки, дренивання правої долевої жовчної протоки по Керу; на 62-гу добу – повторне дренивання лівої плевральної порожнини. У ВРІТ для хірургічних хворих була зупинка серця, проводили реанімаційні заходи, які були успішними. Як видно з рис. 4.23, на МДКТ (*Full Body Scan*) у нього діагностовано: арахноїдальна кіста правої скроневої ділянки (голуба стрілка); правобічний сфеноїдит, щільність 21 од. НУ (жовта стрілка), лівобічний малий гідроторакс (1), щільність 7 од. НУ; в S 6,9,10 правої легені перибронхіальна інфільтрація по пневмонічному типу, щільність 29 од. НУ (2),

РК печінки, забій печінки, щільність 25 од. НУ (3) та підпечінкову гематому, щільність 14 од. НУ (біла стрілка). На 115-ту добу після поранення констатовано біологічну смерть. Під час лікування у ВРІТ для хірургічних хворих у нього розвинулися ускладнення: тяжка кровотеча, крововтрата, травматичний шок, післяреанімаційна хвороба, тяжка енцефалопатія, некротично-гнійне ураження травмованих S 3,4,5 сегментів печінки, вторинна кровотеча з рани печінки, функціонуюча зовнішня нориця, перитоніт, множинні пролежні спини, куприкової ділянки, тяжка нозокоміальна пневмонія, сепсис, поліорганна недостатність, кахексія змішаного генезу, згинальні контрактури кінцівок, вторинний набряк-набухання головного мозку. З посмертного епікризу – механізм смерті: поліорганна недостатність, гостра серцево-судинна недостатність.

Найбільша кількість випадків та рівень значущості відмінностей ($p < 0,001$) у післяопераційних постраждалих із БТ ($n=73$) спостерігалися механізми смерті – дихальна, серцево-судинна, серцево-легенева недостатність (додаток А46). На додатку А47 представлено візуальний приклад, анатомічна модель інфекційного ускладнення – емпієми плеври у постраждалого з ВТЛ та механізмом смерті – дихальної, серцево-легеневої недостатності. Як видно з додатка А47, на попередніх РМЗ було ятрогенне ушкодження апікальної плеври легені, що діагностовано на МДКТ. На додатку А48 представлено приклад померлого II групи солдата Н., 26 р., з ВП, вогнепальним багатоуламковим переломом гілок здухвинних кісток, множинними СТВП, осколками таза, поперекової ділянки, правобічним гемотораксом, забоєм легень та печінки. На рис. 4.24 подано томограми померлого I групи з невогнепальною травмою (ЗБТ), з механізмом смерті серцево-судинної недостатності. На рис. 4.23 та додатку А49 представлені томограми з проникним осколковим пораненням спинного мозку з ускладненням – нозокоміальною пневмонією нижніх часток обох легень та ателектазом нижньої долі лівої легені, з розвитком поліорганної недостатності та механізмом смерті – гострою серцево-легеневою недостатністю.

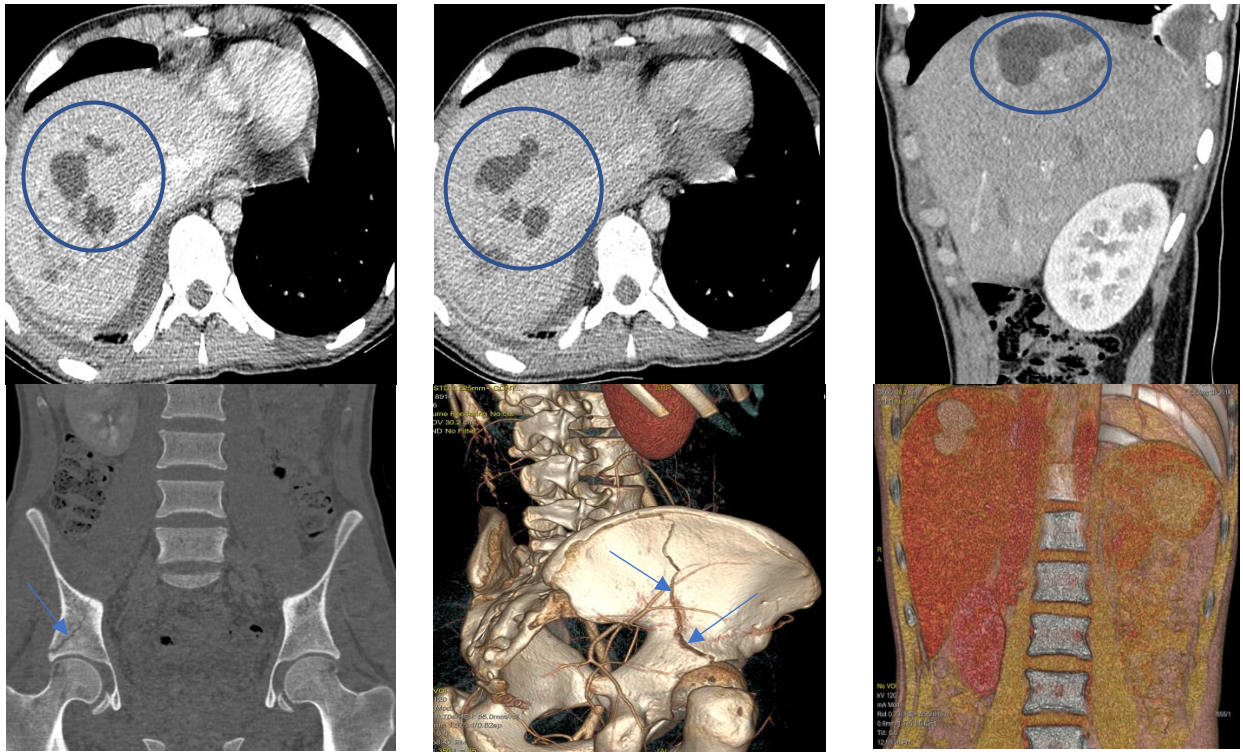


Рис. 4.24. Сержант. Ж., 31 р. Закрита травма живота, переломи кісток таза. ДПТ (потрапив під колеса автомобіля). Доставлений у НВМКЦ «ГВКГ», розміщений у ВРІТ для хірургічних хворих. Візуальний контроль на ІV РМЗ. Стан важкий нестабільний. УЗД в об'ємі FAST-протоколу (вільна рідина під правою часткою печінки). МДКТ без контрастування. Забій печінки з наявністю білом, щільність 39,7 од. НУ (коло). Уламковий перелом правої клубової кістки (стрілка)

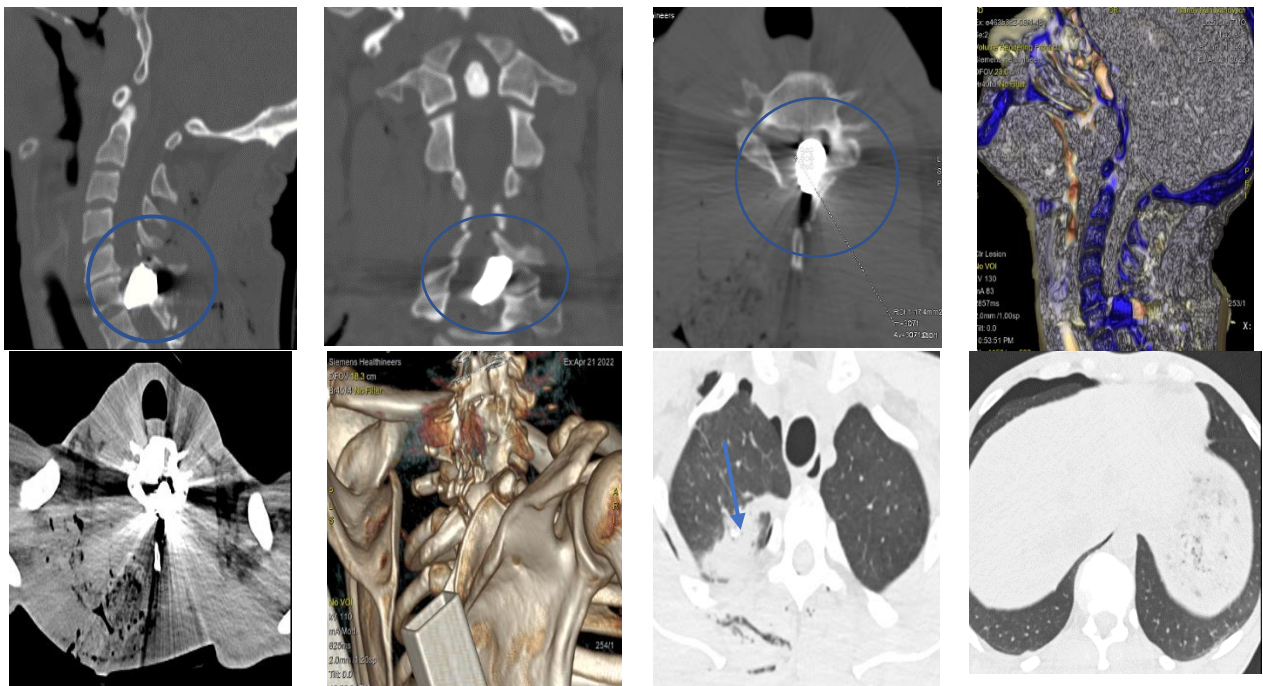


Рис. 4.25. Вогнепальне осколкове проникаюче поранення шийного відділу хребта

Як видно з рис. 4.25 та додатка А49, у померлого солдата І., 43 р., було вогнепальне осколкове проникаюче поранення хребта на рівні С5–С7 хребців, з повним анатомічним переривом шийного відділу спинного мозку на рівні С6–С7 хребців, вогнепальним переломом остистого відростка Th1 хребця, остистих відростків та дужок С5–С6–С7 хребців ліворуч з пролабуванням кісткових уламків інтраканально, з наявністю металевго осколка інтраканально на рівні С6–С7 хребців ліворуч. Спінальний шок. Поранення він отримав під час ворожого артилерійського обстрілу. Був доставлений у прифронтну клінічну лікарню, через 1 добу евакуйований у ВМКЦ (м. Харків). Йому виконали: ПХО вогнепального осколкового сліпого проникного поранення хребта на рівні С5–С7 хребців, ламінектомія С5–С7, видалення інтрадуральних кісткових уламків та осколка на рівні С6–С7 хребців, ушивання дефекту твердої мозкової оболонки. На 12-ту добу після поранення переведений до НВМКЦ «ГВКГ» (IV РМЗ) у ВРІТ для нейрохірургічних хворих. СПО: ламінектомія С5–С7, видалення інтрадуральних кісткових уламків та металевго осколка С6–С7. Поодинокі кісткові уламки інтраканально на рівні С6 до 3,2 мм. На IV РМЗ виконано візуальний контроль: на МДКТ головного мозку було без травматичних змін. На МДКТ шийного відділу хребта встановлено: металевий осколок в проєкції хребтового каналу на рівні С6–С7 хребців, щільність 3071 од. НУ (коло); РК в м'яких тканинах шиї справа (стрілка). МДКТ ОГК: слизовий вміст на рівні біфуркації трахеї, повна обтурація лівого нижньодольового бронха, ателектаз нижньої долі лівої легені, пневмоторакс (стрілка); зливні ділянки пневмонічної інфільтрації паренхіми обох легень, щільність 32 од. НУ. Проведено УЗД: печінка збільшена, вертикальний розмір правої частки 164 мм, зниженої ехогенності, СЕГ печінки Е 8 кПа, даних за портальну гіпертензію, ворітний, селезінковий тромбоз не було. Ускладнення основного захворювання: нозокоміальна пневмонія нижніх часток обох легень, ателектаз нижньої долі лівої легені. Супутній діагноз: хронічний гепатит С з незначним порушенням функції печінки. На 18-ту добу після поранення зареєстрована біологічна смерть.

Механізм смерті – гостра серцево-судинна недостатність на фоні поліорганної недостатності.

Візуально-балістичний приклад, анатомічна модель померлого П., 25 р., з діагностованим тромбозом власної печінкової артерії під час ангиографічного дослідження продемонструвало застосування променевих методів МВ на ІV РМЗ – РАГ та РГ (рис. 4.26) – вогнепальне кульове проникне поранення черевної порожнини справа з ушкодженням печінки, печінкової артерії, селезінки, шлунка, обох плевральних синусів. Гемоперитонеум. Гемопневмоторакс зліва. Вогнепальне кульове дотичне поранення грудної клітки справа. Вогнепальне сліпе поранення м'яких тканин лівого передпліччя, кисті.

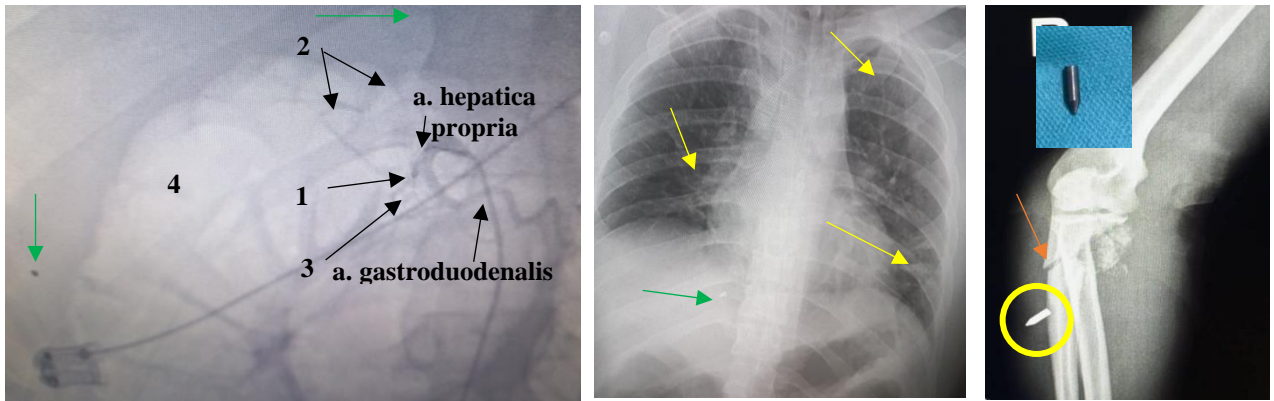


Рис. 4.26. МВ померлого П., 25 р. з вогнепальним кульовим проникаючим пораненням черевної порожнини

Перша медична допомога йому надавалась у 66 ВМГ. Для подальшого лікування евакуйований до ОКЛ ім. І. І. Мечникова (ІІІ РМЗ). СПО на ІІІ РМЗ. Лапаротомія, ушивання ран печінки, спленектомія, ушивання ран шлунка, ушивання печінкової артерії, ушивання ран діафрагми справа та зліва. Дренування черевної порожнини. Торакоцентез справа та зліва. На ІV РМЗ стан був важкий\$ БТ розцінено як вибухове поранення, тому було проведено візуальний контроль, із застосуванням МДКТ *Full Body Scan* (головного мозку, ший, органів грудної порожнини, черевної порожнини, малого таза) без контрастування (у пораненого визначено рівень креатиніну в плазмі 687 мкмоль/л). Результати наступні: головний мозок без особливостей, кістково-травматичних змін кісток черепа не виявлено. В обох плевральних порожнинах

візуалізувалася невелика кількість повітря, рідини, дренажна трубка, S3 печінки осколок, S4 міхурці газу, по зовнішньому краю печінки кров. Селезінка видалена. IV РМЗ виконали: серединну лапаротомію, ушивання печінки, ушивання ран шлунка, ушивання печінкової артерії, дренивання над- та підпечінкового, лівого піддіафрагмального просторів, таза. Виникли післяопераційні зміни 4-го, 8-го сегментів печінки, був осколок 3-го сегмента, реактивний панкреатит, паралітична кишкова непрохідність; двобічна полісегментарна 1, 2, 6, 9, 10 сегментів правої та 1, 2, 4, 6 сегментів лівої легені пневмонія. Візуальний контроль на IV РМЗ: РГ органів грудної порожнини, правої верхньої кінцівки. Двобічна полісегментарна пневмонія, інфільтративний процес (жовта стрілка); осколочки черевної порожнини та на рівні поперечного відростка Th9 хребця (зелена стрілка). Вогнепальний перелом верхньої третини кісток правого передпліччя (стрілка), куля 5,45 м'яких тканин (російський патрон, індекс 7Н39 із карбиду вольфраму, з покращеною пробивною дією) (коло) (рис. 4.26). Візуальний контроль IV РМЗ: рентгенівська ангиографія артерій черевного стовбура. Під місцевою анестезією 1 % розчином лідокаїну – 10,0 мл, після обробки операційного поля, пунктована права загальна стегнова артерія в ретроградному напрямку. Введено інтрод'юсер 5 Fr, заведено провідник 0,035'' та катетер Pigtail до рівня черевного стовбура. Виконане контрастування черевного відділу аорти, візуалізовано черевний стовбур. Селективно заведено провідник до черевного стовбура, а по ньому катетер Cobra. Виконане контрастування. Візуалізовано куксу печінкової артерії (1) в проксимальному її відділі, слабке контрастування дистальних відділів правої та лівої печінкових артерій (2), (дистальніше перев'язки печінкової артерії) за рахунок колатерального кровообігу через анастомоз *a. cystica* (3); парез кишківника (4). Забрано інструмент; витрачено контрасту Томогексол 350–300 мл; інтрод'юсер видалено; накладено тиснучу асептичну пов'язку. Ускладнення: тромбоз власної печінкової артерії, прогресуючий некроз лівої частки, S 4,5 ділянки поранення печінки з некрозом передньої стінки жовчного міхура. Розлитий жовчний перитоніт. Гострий тяжкий хірургічний сепсис із

синдромом поліорганної недостатності. Механізм смерті: гостра серцево-судинна недостатність на тлі розвитку поліорганної недостатності.

Ґрунтуючись на медико-статистичних обчисленнях, достовірно ($p < 0,001$) прослідковувався зв'язок механізму смерті (поліорганної, дихальної, серцево-судинної, серцево-легеневої недостатності) з інфекційними та неінфекційними ускладненнями, ВТЛ, післяреанімаційною хворобою, ГПН, гемостазіологічними ускладненнями, а також з акубаротравмою у постраждалих із дихальною недостатністю ($p < 0,001$).

Діагностичні приклади поєднання механізмів смерті у важкопоранених представлені у додатках А50–А52.

Пухлини різної локалізації спостерігалися у постраждалих із механізмом смерті (поліорганної недостатності) ($p = 0,043$), із дихальною, серцево-судинною, серцево-легеневою недостатністю ($p = 0,014$), (додаток А53, рис. 4.27).

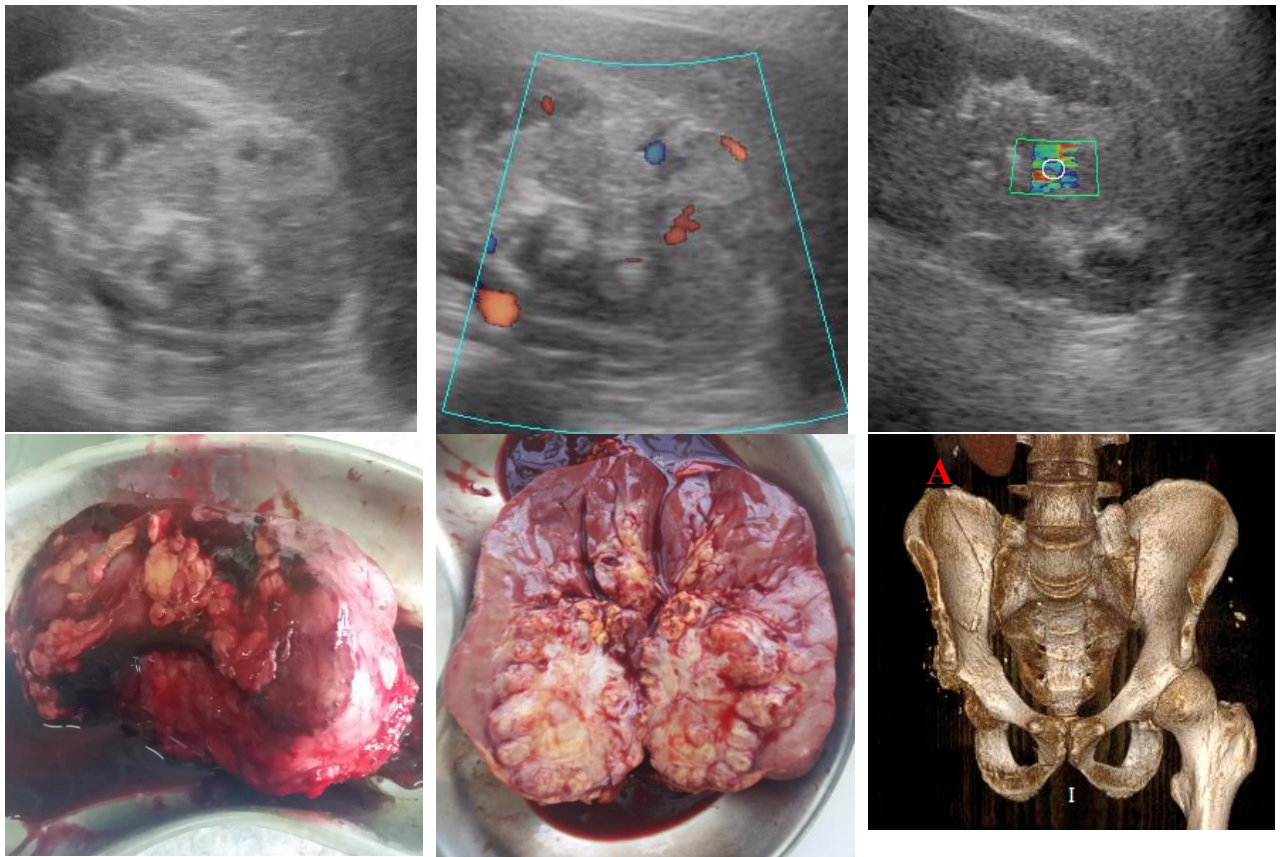


Рис. 4.27. Постраждалий I групи із пухлиною правої нирки

У початковому періоді АТО/ООС спостерігали пухлину нирки у протезованого солдата Б., 35 р., постраждалого з І групи, який отримав вибухове поранення кінцівок та проходив хірургічне і терапевтичне лікування у НВМКЦ «ГВКГ». Клінічно та анамнестично встановлено – відсутність правої нижньої кінцівки на рівні кульшового суглоба та правої верхньої кінцівки на рівні верхньої третини передпліччя після ампутації правої верхньої кінцівки на рівні верхньої третини передпліччя та екзартикуляції правої нижньої кінцівки на рівні кульшового суглоба, консолідований перелом правої сідничної та здухвинної кісток внаслідок поєднаного абдомінально-скелетного вибухового поранення з травматичним відчленуванням правої верхньої кінцівки на рівні верхньої третини передпліччя та правої нижньої кінцівки на рівні верхньої третини правого стегна з вогнепальним переломом правої здухвинної та сідничної кісток, при значному порушенні функцій (рис. 4.27).

На прикладі постраждалого солдата Б, 35 р., представлено застосування променевих методів МВ внутрішніх органів, таза (УЗД, МДКТ з контрастуванням), а також макропрепарат морфологічної верифікації пухлини нирки. У постраждалого з ВП на томограмі (А) встановлено ампутацію правої нижньої кінцівки. Був зібраний бойовий та медичний анамнез. Встановлено, що поранення правих верхньої та нижньої кінцівок, живота, акустичну травму вух постраждалий Б. одержав внаслідок артилерійського обстрілу. Лікувався та був переведений до НВМКЦ «ГВКГ» в клініку невідкладної хірургії, де продовжувалися заходи, спрямовані на боротьбу з геморагічним та травматичним шоком, антибактеріальна терапія, хірургічне лікування отриманих травм кінцівок, кишківника. Під час обстеження у даного хворого діагностовано туберкульоз легень, лівобічний ексудативний плеврит, туберкульоз правої нирки з деструкцією тонкого кишківника, мезентеріальних лімфовузлів, розпочата протитуберкульозна терапія з позитивною клініко-рентгенологічною динамікою. Раніше на туберкульоз не хворів. На тлі призначеної протитуберкульозної терапії отримано позитивну динаміку. Через 3 міс. був повторно госпіталізований до клініки туберкульозу НВМКЦ «ГВКГ» для продовження основного курсу протитуберкульозної терапії та медичного

огляду ВЛК, де був визнаний непридатним до військової служби із зняттям з військового обліку. У подальшому перебував на диспансерному обліку у фтизіатра за місцем проживання. З метою динамічного візуального контролю, виконано УЗД внутрішніх органів та діагностовано новоутворення правої нирки. Тому для вирішення питання про оперативне лікування з цього приводу (новоутворення правої нирки) – хворий госпіталізований до клініки туберкульозу НВМКЦ «ГВКГ». Ультрасонографічно діагностовано пухлину верхнього полюса правої нирки, яку прооперували (рис. 4.27).

У постраждалого М., 41 р., І групи, який лікувався у хірургічному відділенні з приводу вогнепального осколкового поранення нижньої кінцівки та ушкоджень інших локалізацій, з важким перебігом післяопераційного періоду, з дихальною недостатністю, діагностовано пухлину м'яких тканин стегна (рис. 4.28).

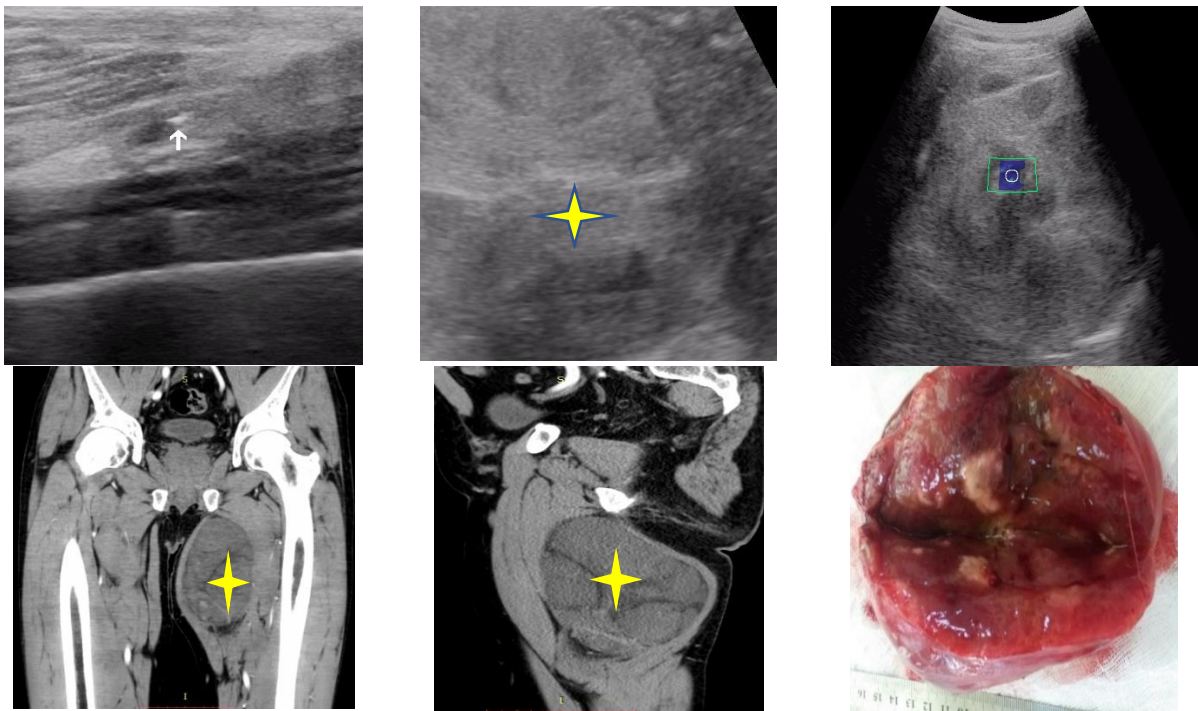


Рис. 4.28. МВ пухлини стегна у постраждалого І групи з вогнепальним осколковим пораненням стегна; осколок стегна (стрілка); пухлина (жовта зірочка); еластична пухлина (голубе віконце); макропрепарат саркоми стегна

В додатку А53 подано візуальний приклад, анатомічну модель розповсюдженості пухлини неуточненої локалізації у постраждалого К., 23 р. (ВТ, тривале стиснення тіла), який отримав БТ внаслідок вибуху у бліндажі та перебував під завалами більше 6 год. візуальний контроль на ІV РМЗ включав

МДКТ з контрастуванням органів грудної клітки, органів черевної порожнини, нирок, таза (*Full Body Scan*). Проведено динамічне контрастування та встановлено, що контрастна речовина не визначалася в нирках, що свідчило про порушення екскреторної функції нирок. Виявлено метастатичні вогнища в легенях, щільність 15,4 од. НУ (жовта стрілка), двобічний гідроторакс, щільність 3,6 од. НУ (зірочка), що відповідав трансудату та метастатичні заочеревинні лімфатичні вузли, щільність +32...+46 од. НУ (червона стрілка), а також пахвинні лімфовузли праворуч (зелена стрілка) та пельвікальний випіт, щільність 14,3 од. НУ (жовта зірочка). Діагностовано внутрішньочеревну кровотечу, гемоперитонеум, щільність 57,0 од. НУ (біла стрілка) та пухлинні маси правої здухвинної ділянки, щільність 45,3 од. НУ (голуба стрілка). Первинно діагностовано новоутворення м'яких тканин правого стегна (червона зірочка) та метастатичні лімфовузли порожнини таза, чисельні вузлики м'яких тканин черевної стінки, таза (червона зірочка). Серед гемостазіологічних ускладнень діагностовано пухлинний тромбоз правої загальної здухвинної артерії (помаранчева стрілка). Смерть у постраждалого К., 23 р., настала внаслідок дихальної, серцево-легеневої недостатності.

Статистичні розрахунки за точним критерієм Фішера, розподілу масиву обстежених для виявлення зв'язку ускладнень у постраждалих в післяопераційному періоді з механізмами смерті та розшифруванням значень, аббревіатур, посилань представлено в додатку А54. На даних додатках представлені розрахунки показника відносного ризику смерті, який показав, у скільки разів деяке ускладнення зустрічається частіше у групі померлих, ніж у групі, що не померли чи померли з іншої причини. Встановлено, що представлений показник відносного ризику, рангуючи від найбільшого до найменшого (виділилися ускладнення, що зростають найбільше), (95 % ДІ – де перетинаються із 1, то значущої відмінності не виявлено).

Відсутність відмінності абсолютної та відносної частоти летальних випадків у клініко-діагностичних групах – 35 осіб (9,7 %) у порівняльній (I) групі та 70 осіб (10,7 %) у основній (II) групі свідчило про скорочення діагностичного

періоду у постраждалих у важкому та вкрай тяжкому стані шляхом застосування МДКТ з контрастуванням за життєми показаннями.

4.9. Прикінцеві положення до розділу 4

Вивчення найбільш важкого і несприятливого перебігу БТ дало можливість чітко виявити основні закономірності, які обумовлюють ускладнений перебіг у постраждалих та їх зв'язок із механізми смерті. В наших умовах патологоанатомічні спостереження обмежувалися проведенням розтинів у НВКМЦ «ГВКГ». Тому в масиві обстежених концентрувалися візуальні ознаки та показники БУ, що були включені в МВШ, яка відобразила патологічні зміни в органах у постраждалих у післяопераційному періоді для клінічної оцінки об'єктивізації важкості травми, стану постраждалого. Досвід попередніх воєн дав реальне уявлення про причини смерті від БТ та її ускладнень з патологоанатомічних матеріалів, що базувалися на розтинах при важких та смертельних пораненнях. Проте аналіз важливих факторів, які призводять до смерті пораненого, травмованого не на полі бою, а в умовах госпітального лікування та сформованої системи із етапним лікуванням відповідно до потреб бойових дій, технічного оснащення РМЗ, укомплектування підготовленими фахівцями, став можливим лише після виявлення всіх візуальних ознак бойової травми та ускладнень. Результати експериментальних даних механізму дії вогнепальної зброї та морфологічні спостереження біоптатів із біологічних імітаторів дали можливість зробити висновок про термінальну балістику, з деяким розумінням процесів, які відбуваються в тканинах живого організму в момент поранення, травми [32, 38, 44, 97, 143, 147–150, 220].

Тому вважається необхідним підкреслити високий рівень значущості ($p < 0,001$) інфекційних, неінфекційних та інших ускладнень, що супроводжують механізми смерті (набряку, набухання головного мозку, поліорганної, дихальної, серцево-судинної, серцево-легеневої, ниркової недостатності) у постраждалих із БТ. Такий висновок про зв'язок ускладнень у постраждалих у післяопераційному періоді з механізмами смерті зроблений на підставі клінічного,

експериментального аналізу, візуальних ознак у створених анатомічних моделях МВБТ шляхом застосування РГ, УЗД, МДКТ, РАГ, МРТ, медико-статистичного аналізу та їх моделювання.

Матеріали розділу відображені в наступних наукових публікаціях [6, 13, 35, 37–39, 46–48, 52, 91, 92, 97, 147, 148, 174, 273, 277]:

1. Бібік Т. А., **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я. Аналіз недоліків у наданні медичної допомоги військовослужбовцям у Національному військово-медичному клінічному центрі "Головний військовий клінічний госпіталь". Міжнародний медичний журнал. 2020. Том 26 №2(102). С. 77-80. <https://doi.org/10.37436/2308-5274-2020-2-15>.

2. **Гречаник О. І.** Удосконалення організації надання медичної допомоги за даними аналізу дефектів догоспітального періоду. Наукова конференція молодих вчених УВМА (м. Київ, 25–27 трав. 2020 р.). С. 45–47.

3. **Гречаник О. І.**, Гур'янов Р. Г., Абдуллаєв Р. Я., Слесаренко Д. О., Голуб В. А. Багатоаспектний аналіз у постраждалих із бойовою травмою у сучасній війні. Повідомлення 1. *Сучасні аспекти військової медицини*. 2023. Вип. 30. Ч. 2. С. 51–64. doi: 10.327/2310-4910-2023-30-2-05.

4. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Дикан І. М. та ін. Медична візуалізація сторонніх тіл у постраждалих з бойовими ушкодженнями живота. Досягнення воєнно-польової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій : матеріали XVI з'їзду військових хірургів та анестезіологів України (м. Київ, 21–22 жовт. 2022 р.). Укр. журн. військової мед. 2022. Т. 3, додаток 2. С. 25–27.

5. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я, Дикан І. М. та ін. Медичні та статистичні аспекти променевої діагностики сучасної бойової травми в умовах гібридної війни на сході України. Міжнародний медичний журнал. 2021. Том 27 № 2(106). С. 79-88. <https://doi.org/10.37436/2308-5274-2021-2-14>

6. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Лурін І. А. та ін. Сучасні аспекти діагностики вогнепальних поранень живота. Досвід гібридної війни на сході України. Клін. хірургія. 2021. № 88 (5–6). С. 42–52.

7. **Гречаник О. І.**, Герасименко О. С., Абдуллаєв Р. Я. та ін. Клініко-діагностичні аспекти вогнепальних поранень порожнистих органів живота (досвід АТО/ООС). Харків. хірургічна школа. 2021. № 5–6 (110–111). С. 71–81.

8. Атлас бойової хірургічної травми (досвід антитерористичної операції/операції об'єднаних сил). Під загальною редакцією В. І. Цимбалюка. – Харків: Колегіум, 2021. – 385с.

9. **Гречаник О. І.**, Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я. та ін. Атлас променевої діагностики бойової травми живота : атлас. Харків : Факт, 2023. 212 с.

10. **Гречаник О. І.**, Колосова І. В., Касьян О. В. та ін. Актуальні питання ультразвукової діагностики при мінно-вибухових пораненнях. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць Головного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України. Київ, 2015. Вип. 22, ч. 1. С. 299–308.

11. Abdulaev R., Romanuik Yu., **Grechanik E.** et al. A retrospective study of injuries of abdomen by use of ultrasound diagnostics of military personnel, who participated in anti-terrorist operation in the east of Ukraine. Am. Scient. J. 2017. № 1(9). P. 36–40.

12. **Grechanik E.**, Romanuik Yu., Bubnov R. A retrospective study of gunshot injuries to the extremities by use of ultrasound diagnostics (National Military Medical Clinical Center of Ukraine). Am. Scient. J. 2016. № 2 (2). P. 13–17.

13. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями грудей. Монографія. За загальною редакцією академіка НАН України та НАМН України, доктора медичних наук, професора В. І. Цимбалюка. – Тернопіль Київ Харків: ТНМУ «Укрмедкнига», 2023. – 235с.

14. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями живота (за досвідом АТО/ООС) : монографія / за ред. К. В. Гуменюка, І. П. Хоменка, І. А. Луріна та ін. ; за заг. ред. В. І. Цимбалюка. – Херсон : Олді+, 2022. – 194 с.

15. Моделювання вогнепальних поранень. Під загальною ред. В. І. Цимбалюка. – Харків : Вид-во, 2022. – 322 с.

16. Спосіб оцінки тяжкості пошкодження та стану постраждалого з вогнепальним та вибуховим пораненням в умовах бойових дій для прогнозу

виживання : пат. 143329, Україна : А61В 6/00. № u202000303; заявл. 20.01.2020; опубл. 27.07.2020. Бюл. № 14.

17. Спосіб променевої діагностики вогнепальних ран в експерименті : пат. 141888, Україна : G09В 23/28, А61В 8/00, А61В 8/13. № u201911451; заявл. 26.11.2019; опубл. 27.04.2020. Бюл. № 8.

18. **Grechanyk O.**, Bubnov R., Gurianov R., Abdullaev R. Multifaceted analysis in combat trauma patients in modern warfare. 11th Annual Military Surgical Symposium : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSSP576.

РОЗДІЛ 5

БАЛІСТИЧНА ВОЛЮМОМЕТРІЯ В СИСТЕМІ МВБТ У СУЧАСНІЙ ВІЙНІ

5.1. Візуально-балістична характеристика ранових каналів, ділянок бойових ушкоджень АФЗ у зіставленні з клінічними даними

Для прогнозування ризику післяопераційних ускладнень, зв'язку із летальним випадком при оперативних втручаннях, інвазивних маніпуляціях, анестезії, передопераційному плануванні візуально на анатомічних моделях вивчили та оцінили характер ранових каналів (РК), ділянок бойових ушкоджень АФЗ без РК за допомогою методів МВБТ (УЗД, РГ, МДКТ), (табл. 5.1, додаток А55).

Таблиця 5.1

Розподіл характеру РК та стану оточуючих тканин (n=1014)

РК характер/зміни тканин	Стан оточуючих тканин					
	наявність змін, їх характер		відсутність змін за даними РГ, УЗД		загалом	
	n	%	n	%	n	%
Газ у РК; геморагічне просякнення; СТВП, СТНВП в РК; підшкірна емфізема, гематома	591	58,3	423	41,7	1014	100,0
Сліпий РК	601	59,3	413	40,7	1014	100,0
Наскрізний РК	247	24,4	767	75,6	1014	100,0
Множинний РК	524	51,7	490	48,3	1014	100,0
Бойові ушкодження без РК	432	42,6	582	57,4	1014	100,0

Як видно з табл. 5.1 та додатку А55, сліпий РК спостерігався у 59,3 % (601 постраждалих) на візуальних томографічних моделях, з них у 88,7 % (228 постраждалих) з вибуховим пораненням, у 52,2 % (168 постраждалих) з вибуховою травмою та у 67,1 % (204 постраждалих) з вогнепальним кульовим або осколковим пораненням, ($p < 0,001$). Загалом множинний РК був у 51,7 % (524 постраждалих), з них у 74,7 % (192 постраждалих) з вибуховим пораненням, 49,7 % (160 постраждалих) з вибуховою травмою і 32,9 % (100 постраждалих) з вогнепальним пораненням (кульовим, осколковим), ($p < 0,001$). Наскрізний РК загалом спостерігався у 24,4 % (247 постраждалих) без достовірної різниці за

типом БТ. На томограмах бойові ушкодження без ранових каналів були у 42,6 % (432 постраждалих): з них у 68,0 % (219 постраждалих) із вибуховою травмою (додаток А56). У 21,4 % (55 постраждалих) з вибуховим пораненням (додаток А57), у 9,2 % (28 постраждалих) з осколковими або кульовими пораненнями було поєднання сліпих РК з ушкодженнями без РК, ($p < 0,001$). Відзначено статистично значиму відмінність при невогнепальній травмі у 99,2 % (130 постраждалих) із ушкодженнями без РК, у 55,0 % (72 постраждалих) з множинними РК, у 1,5 % (2 постраждалих) із наскрізними РК та у 0,8 % (1 постраждалий) із сліпим РК ($p < 0,001$). Як видно з табл. 5.1, на анатомічних моделях томографічно в РК у 58,3 % (591 постраждалий) візуалізувався газ, СТВП (металеві осколки, кулі, оболонки снарядів), СТНВП (кісткові уламки, медичного призначення), геморагічне просякнення, підшкірна емфізема, гематоми. За даними РГ і УЗД у 41,7 % (423 постраждалих) візуальні зміни у РК не спостерігалися (рис. 5.1).

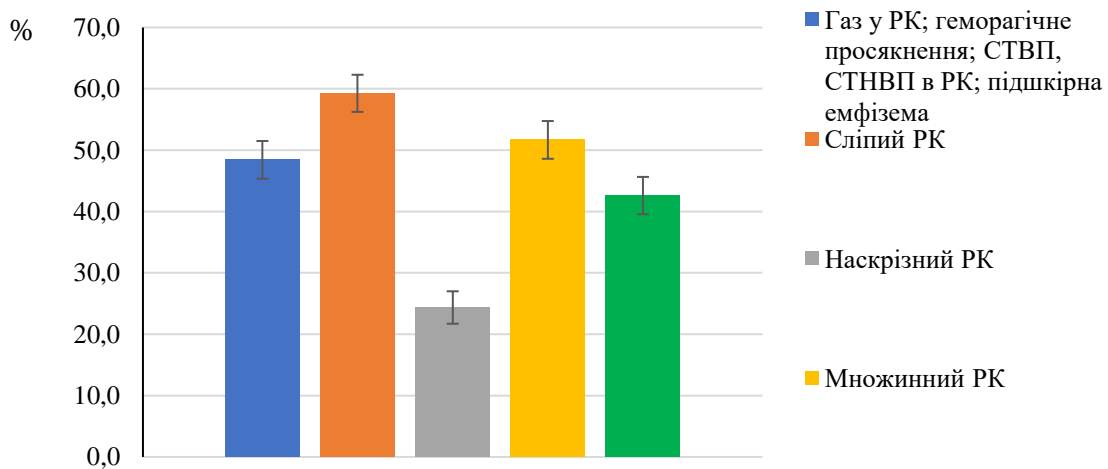


Рис. 5.1. Розподіл РК у постраждалих із БТ за даними МДКТ

У постраждалих статистично значущо ($p < 0,05$) переважали сліпі РК із СТВП (кулі, металеві осколки, фрагменти снарядів) з візуалізованим газом, геморагічним просякненням тканин, підшкірною емфіземою у 59,5 % випадків при вибухових пораненнях, у 53,3 % випадків при вогнепальних пораненнях (осколкових, кульових), (додаток А58), у 46,0 % при вибуховій травмі та у 21,4 % (28 постраждалих) при невогнепальній травмі без візуалізації СТВП (осколків, куль), (рис. 5.2–5.4).



Рис. 5.2. МДКТ. Нативний режим. Сліпий РК. СТВП, куля, щільність 3071 од. НУ. Куля поперекової ділянки, паравертебральної зони на рівні остистих відростків L3–L4 (жовта стрілка). Куля м'яких тканин правого плеча в товщі правого трапецієподібного м'яза (зелена стрілка). Осколкове поранення правого плеча. Металевий осколок в голівці правої плечової кістки. Імпресійний перелом великого горбика правої плечової кістки (голуба стрілка)

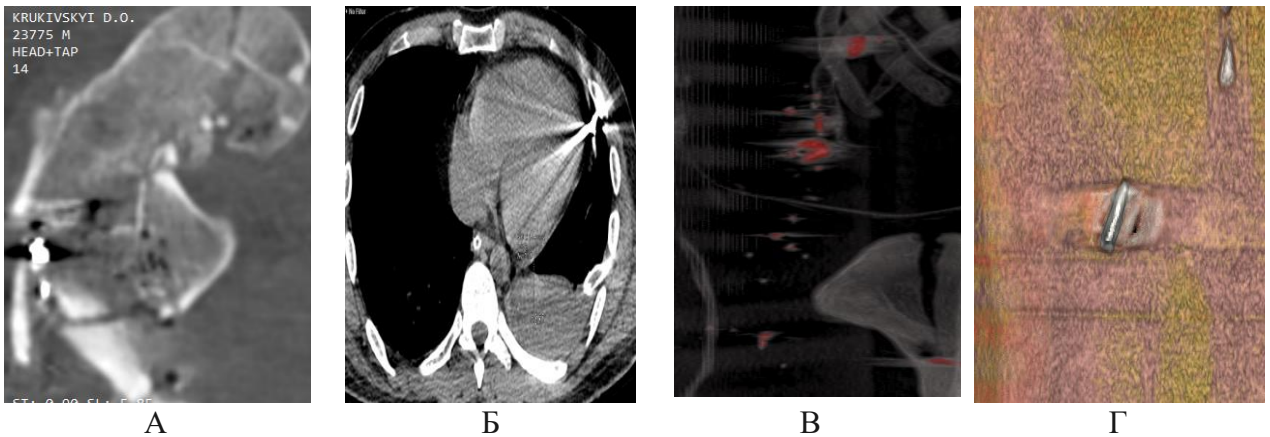


Рис. 5.3. МДКТ. Різновиди сліпого РК: А – РК стегнової кістки з газом і СТВП. Б – осколок перикарда сліпий РК. В – осколкова доріжка РК. Г – БК калібр 5,45 патрон 7Н22 у РК

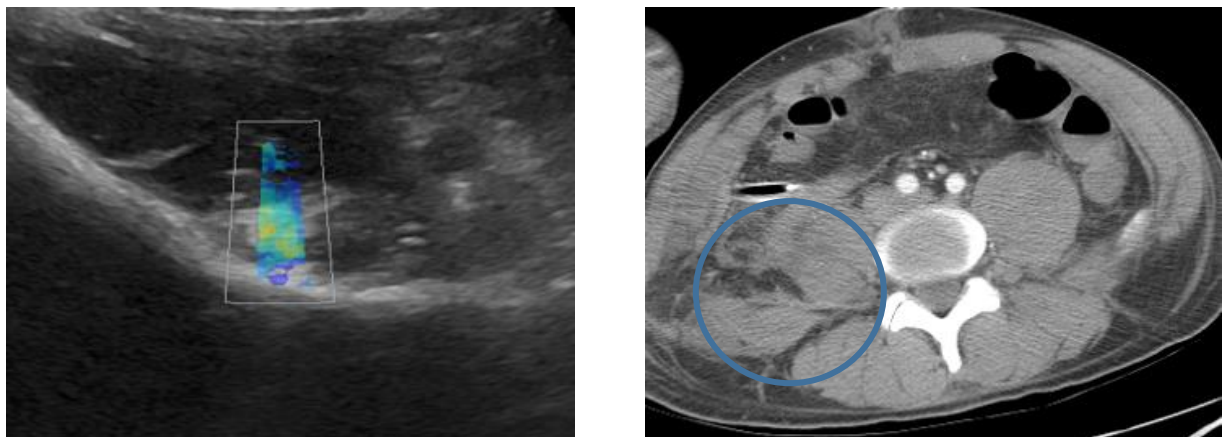


Рис. 5.4. Забій великого поперекового м'яза справа, УЗД СЕГ ділянки забою Е 14 кПа, голубе картування. МДКТ. Артеріальна фаза (коло)

Приклад металльної дії (рис. 5.5, додаток А56) та заброневої дії (рис. 5.6, 5.7) вибухового боєприпаса без ранового каналу із ділянками БУ різної локалізації та ускладненнями спостерігали при вибуховій травмі.

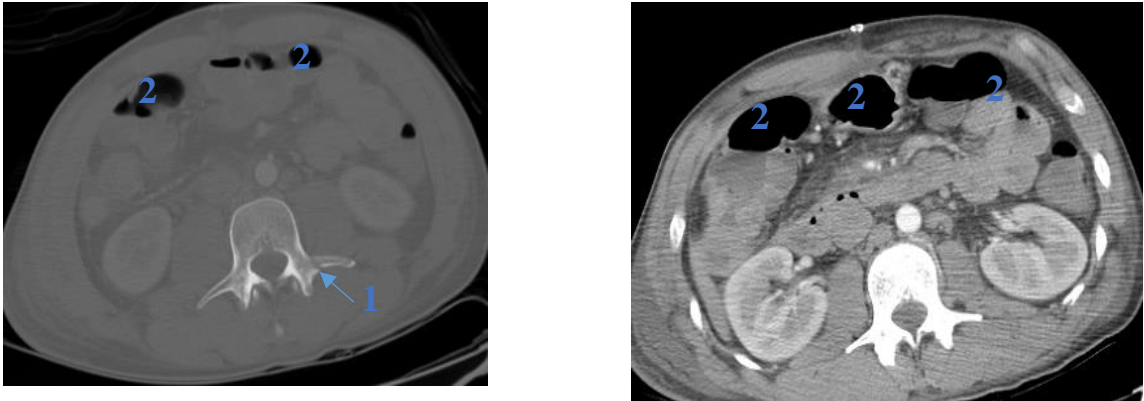


Рис. 5.5. МДКТ. Аксіальна проєкція: 1 – переломи поперечних відростків L1–L4 зліва; 2 – динамічна кишкова непрохідність, горизонтальні рівні в петлях товстого кишківника

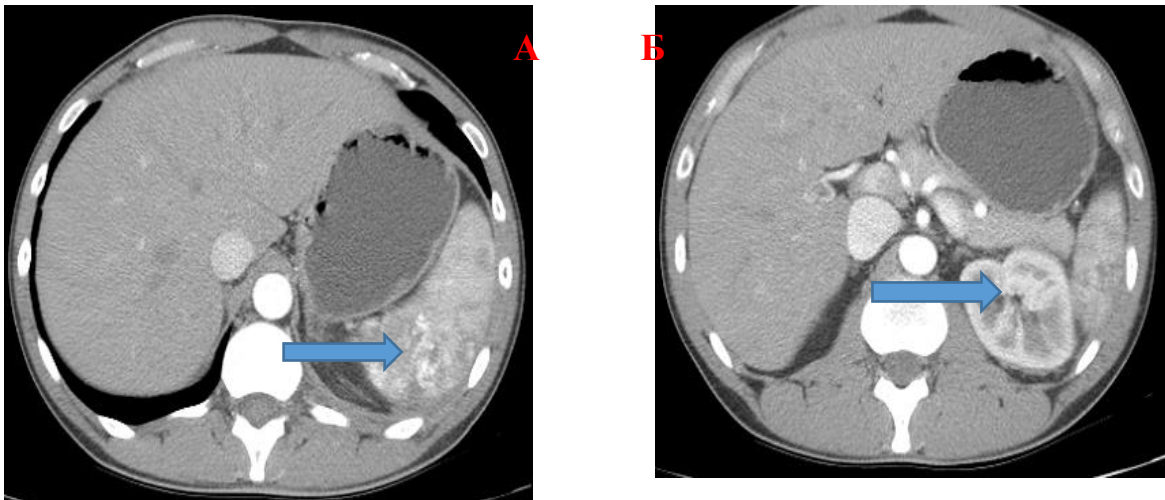


Рис. 5.6. МДКТ. Артеріальна фаза. Закрита травма живота: А – гіподенсна ділянка забою задньо-латерального контуру селезінки. Б – забій середнього сегмента передньо-задньої поверхні лівої нирки

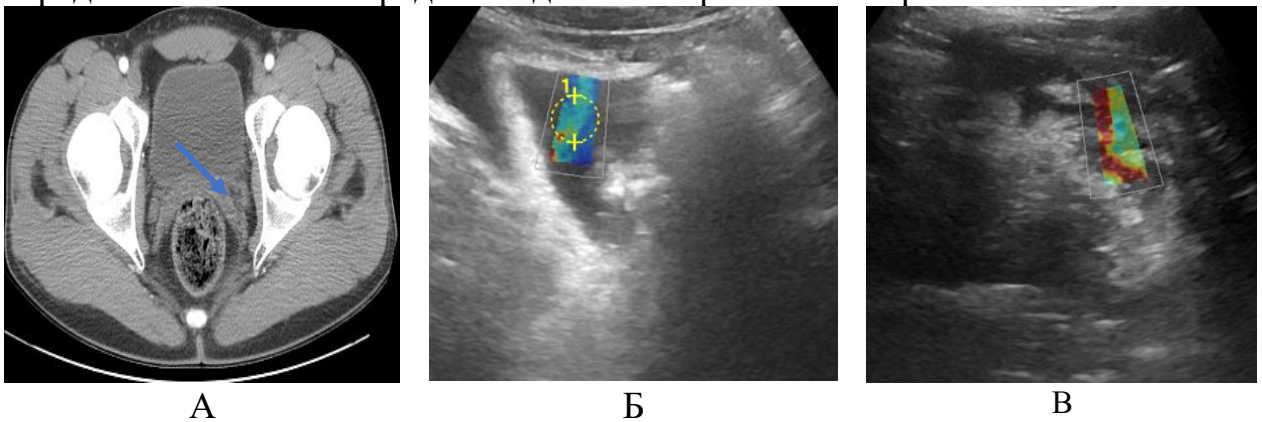


Рис. 5.7. Забронева травма (ЗБТ) черевної порожнини, заочеревинного простору: А – в порожнині малої миски сліди рідини. Б – СЕГ пельвікального випоту, Е 6 кПа. В – СЕГ ділянки БУ нирки, Е 31,2 кПа

За досвідом наших стратегічних партнерів та союзників, ранові канали та ділянки бойових ушкоджень остаточно вивчили та дослідили за допомогою МДКТ, як представлено на рис. 5.1–5.7. Томографічний метод у рановому каналі та ділянках бойових ушкоджень дозволив визначити локалізацію, форму, розміри, рентгеновську щільність СТВП (осколків, куль), СТНВП (кісткові уламки, СТ медичного призначення) та описати візуальні ознаки, їх характеристику, порівнюючи з РГ та УЗД. Вогнепальні поранення, травми виникали при дії на людину снарядів, боєприпасів від бойової стрілецької зброї (легка, автоматична, штурмова, ручні гранати, снайперські гвинтівки, кулемети, піхотна зброя), осколкових та осколково-фугасних боєприпасів, інженерних боєприпасів (протитанкові, протипіхотні міни, розтяжки, засоби ближнього бою), боєприпасів вибухової дії. Характеристика змін ушкоджених тканин та ранових каналів в наслідок дії снарядів, боєприпасів представлена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Характеристика змін тканин та РК внаслідок дії боєприпасів

Контактні зміни/поранюючий снаряд/травмуючий фактор. Анамнез БТ характер РК	Основні сучасні види озброєння, військової техніки, види ранячих снарядів, травмуючих факторів (п, %)					
	стрілецька зброя, ручні гранати (кулі, осколки, РГД-5, Ф-1)	осколково-фугасні боєприпаси; інженерні боєприпаси	артилерійське озброєння 152-мм КР начинені стрілоподібними елементами, боєприпаси вибухової дії	авіаційне озброєння (КАБ, КАР), бойові дрони	не-вогнепальна травма (полі-травма)	вибух на місцевості
Газ, підшкірна емфізема, геморагічне просякнення, гематоми, СТВП, СТНВП	141 (50,9)	200 (52,9)	78 (50,0)	52 (68,4)	20 (16)	0
Сліпий РК	183 (66,1)	277 (73,3)	81 (51,9)	60 (78,9)	0 (0,0)	0
Множинний РК Множинне БУ	97 (35)	230 (60,8)	70 (44,9)	55 (72,4)	70 (56,0)	2
Наскрізний РК	107 (38,6)	101 (26,7)	11 (7,1)	28 (36,8)	0 (0,0)	0
БУ без РК	39 (14,1)	129 (34,1)	108 (69,2)	30 (39,5)	124 (99,2)	2

Примітка. Використано точний критерій Фішера ($p < 0,001$).

Як видно з табл. 5.2, достовірно частіше ($p < 0,001$) газ, геморагічне просякнення тканин, підшкірна емфізема, СТВП, СТНВП спостерігалися під час поранення осколково-фугасними та інженерними боєприпасами – у 52,9 % (200 постраждалих); внаслідок КАБ, КАР – у 68,4 % (52 постраждалих), а внаслідок реактивного, артилерійського озброєння – у 50,0 % (78 постраждалих), внаслідок стрілоподібних елементів та від стрілецької зброї, ручних гранат – у 50,9 % (141 постраждалих).

При всіх порівняннях сліпий РК достовірно частіше спостерігався у постраждалих внаслідок попадання осколків різної фракції та видів ранихих снарядів у 66,1 % (183 постраждалих) при застосуванні стрілецької зброї, гранатометів; у 73,3 % (277 постраждалих) – внаслідок вибухових пристроїв, інженерних боєприпасів; у 51,9 % (81 постраждалих) – реактивного артилерійського озброєння, у 78,9 % (60 постраждалих) – внаслідок ураження бомбами, ($p < 0,05$), (додатки А57–А60).

Множинні РК та БУ були у 60,8 % (230 постраждалих) внаслідок дії осколково-фугасних, інженерних боєприпасів; у 72,4 % випадків – від авіаційного озброєння та бойових дронів при ураженні наземних цілей ($p < 0,001$). Множинні ушкодження переважали при невогнепальній травмі у 56,0 % (70 постраждалих).

У 69,2 % (108 постраждалих) бойові ушкодження були без РК. У 78 поранених визначалися стрілоподібні елементи (флашети) внаслідок поранення боєприпасом «ЗШ-2 лепесток» (вбивця піхоти на відкритій місцевості) (додаток А59).

На рис. 5.8 проілюстровано ураження органа зору інженерними боєприпасами.

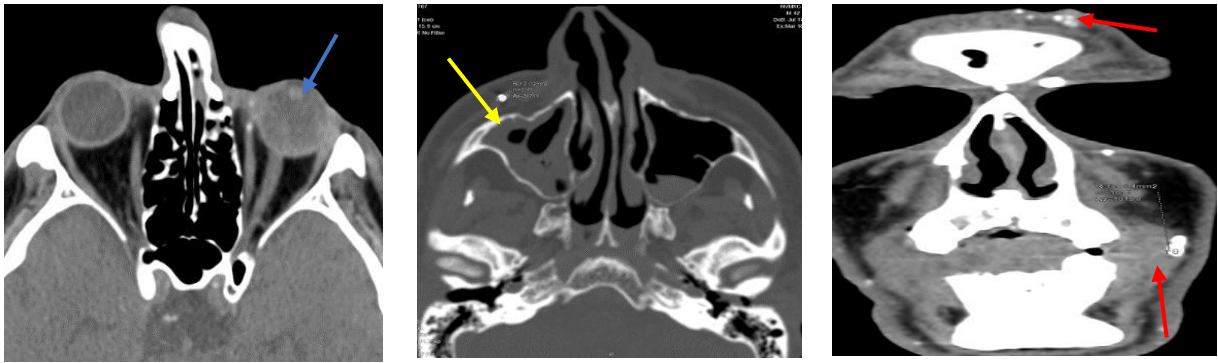


Рис. 5.8. Солдат Х. ВТ. ЗЧМТ, гемофтальм лівого ока, сторонні тіла м'яких тканин обличчя та голови. МДКТ головного мозку, черепа діагностовано гемофтальм ліворуч, щільність 48 од. НУ (голуба стрілка), гемосинус праворуч, щільність 32 од. НУ (жовта стрілка), як результат вибухової хвилі, яка спричинила контузію середовища лівого ока та максиллярних синусів. СТВП, осколки м'яких тканин обличчя, голови, щільність 1946 од. НУ (червона стрілка), що відповідало рентгенівській щільності осколків пластикового корпусу протипіхотних фугасних мін

Анатомічну модель вибухового поранення кінцівок внаслідок дії протипіхотної міни подано в додатку А60.

Порівняльний розподіл у масиві обстежених за клінічною оцінкою, візуальними ознаками, характером РК та ушкоджених тканин подано в додатку А55. При всіх порівняннях статистично переважали: наявність газу в рановому каналі, гематоми, підшкірна емфізема, СТВП, СТНВП, сліпий та множинний РК в постраждалих у важкому та вкрай тяжкому стані ($p < 0,001$). Ушкодження без ранових каналів визначалися порівну у постраждалих як у вкрай тяжкому, так і легкому стані (додаток А55).

5.2. Балістична волюмометрія у постраждалих при застосуванні противником стрілецької, іншої піхотної штурмової автоматичної зброї та із невогнепальною травмою

Для візуально-балістичної характеристики РК у паренхіматозних органах (печінка, легеня, кістки, головний мозок, інші органи), а також бойових ушкодженнях різних АФЗ, застосували експериментальну балістичну та небалістичну волюмометрію, обчислили вітальний прогностичний індекс для встановлення прогнозу виживання, ризику летального випадку (RR), ($j \leq 40\%$ –

прогноз сприятливий; $j > 40\%$ – прогноз несприятливий). Після проведеного балістичного експерименту на желатинових блоках із несприятливим прогнозом порівняли РК печінки у постраждалого з вогнепальним кульовим пораненням печінки БК калібру 5,45x39 мм термозміщеного осердя патрона 7Н39, із складу карбїду вольфраму. Визначили $V_{РК}$ печінки (рис. 5.9), а також відсоткове співвідношення загального $V_{печінки}$ до $V_{РК}$ з метою обчислення індексу ($j\%$):

$V_{печінки} = 3,14 \times 238 \times 117 \times 175 \text{ мм}/6 = 2550 \text{ см}^3$ (загальний об'єм печінки, маса 2 кг 550 г).

$V_{РК} \text{ печінки} = 3,14 \times 134 \times 150,5 \times 109,8 \text{ мм}/6 = 1159 \text{ см}^3$ (об'єм РК печінки, маса втраченої паренхіми 1 кг 159 г).

Співвідношення втраченої паренхіми до маси печінки складає 45 %, індекс $j > 40\%$ (прогноз несприятливий)

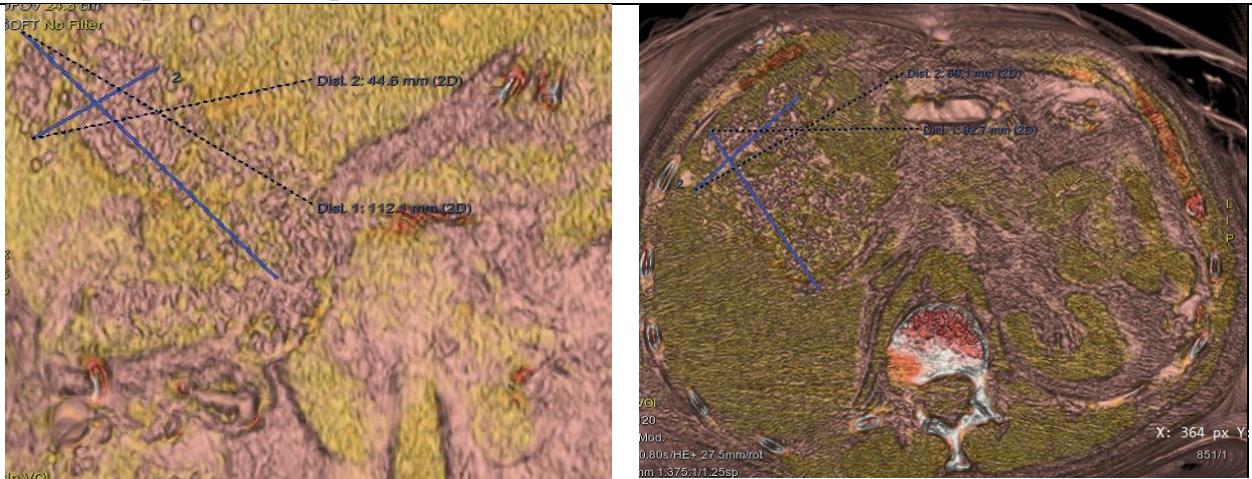


Рис. 5.9. Солдат З., 32 р. Вогнепальне осколкове поранення печінки. Множинні осколки печінки, тампонада печінки. 3D рендеринг. Балістична волюмометрія РК печінки

Поранений З., 32 р., помер внаслідок поліорганної недостатності, з прогресуючою печінковою недостатністю. Представлена візуальна анатомічна модель торакоабдомінального осколкового наскрізного проникного поранення з ушкодженням S7, 8 печінки та діафрагми, з ушиванням правого купола діафрагми, тампонуванням рани печінки (рис. 5.10).

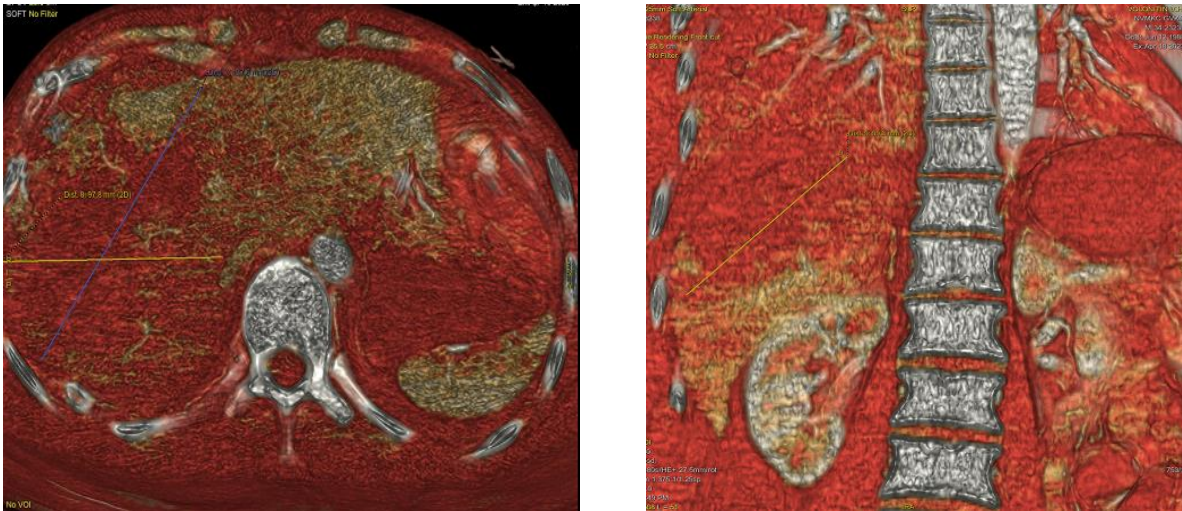


Рис. 5.10. Солдат В., 34 р. Кульове поранення печінки. Балістична волюмометрія. Анамнез БТ. Поранення отримав внаслідок ворожого обстрілу з АК-74. Під час поранення перебував у захисному шоломі та бронежилеті. СПО. Дренування правої плевральної порожнини по Бюлау. Лапароцентез. Лапаротомія, ушивання правого купола діафрагми, тампонада рани печінки, санація та дренування черевної порожнини. ПХО ран правого плеча, лівої гомілки. DCS. Правобічна торакотомія. Ревізія, санація правої плевральної порожнини: остеосинтез 5, 6, 7 ребр справа. Редренування правої плевральної порожнини активною аспірацією.

Вогнепальне осколкове наскрізне проникає торакоабдомінальне поранення з ушкодженням печінки S7, 8, діафрагми. Гемоперитонеум. Правобічний гемоторакс. Вогнепальний перелом 9–10 ребра справа. Вогнепальне наскрізне поранення правого плеча. Вогнепальне осколкове сліпе поранення м'яких тканин лівої гомілки

Як видно з рис. 5.10, у об'ємному рендерингу прорахували V_{PK} печінки ($см^3$): в аксіальному зрізі ширина (127,6 мм, жовта лінія), довжина (97,8 мм, синя лінія), у коронарному зрізі товщина (99,3 мм, жовта лінія). Обчислення $V_{печінки}$ ($см^3$) проводили після вимірювання розмірів печінки: ККР (краніо-каудальний розмір, мм); СР (сагітальний розмір, мм); ПЗР (передньо-задній розмір, мм) шляхом підбору оптимальних зрізів сканування, що представлено:

$V_{печінки} = 3,14 \times 221 \times 107 \times 165 \text{ мм} / 6 = 2042 \text{ см}^3$ (загальний об'єм печінки, маса 2 кг 42 г).

$V_{PK \text{ печінки}} = 3,14 \times 127,6 \times 97,8 \times 99,3 \text{ мм} / 6 = 648,5 \text{ см}^3$ (об'єм РК печінки, маса втраченої паренхіми 649 г).

Співвідношення маси втраченої паренхіми до маси печінки склало 32 %, індекс j 32 % $j < 40$ % (прогноз сприятливий). У томографічних зрізах

у постраждалого з вогнепальним пораненням печінки після ушивання рани S7, 8 та з рановим каналом у правій частці застосували балістичну волюмометрію та обчислили індекс (рис. 5.11).

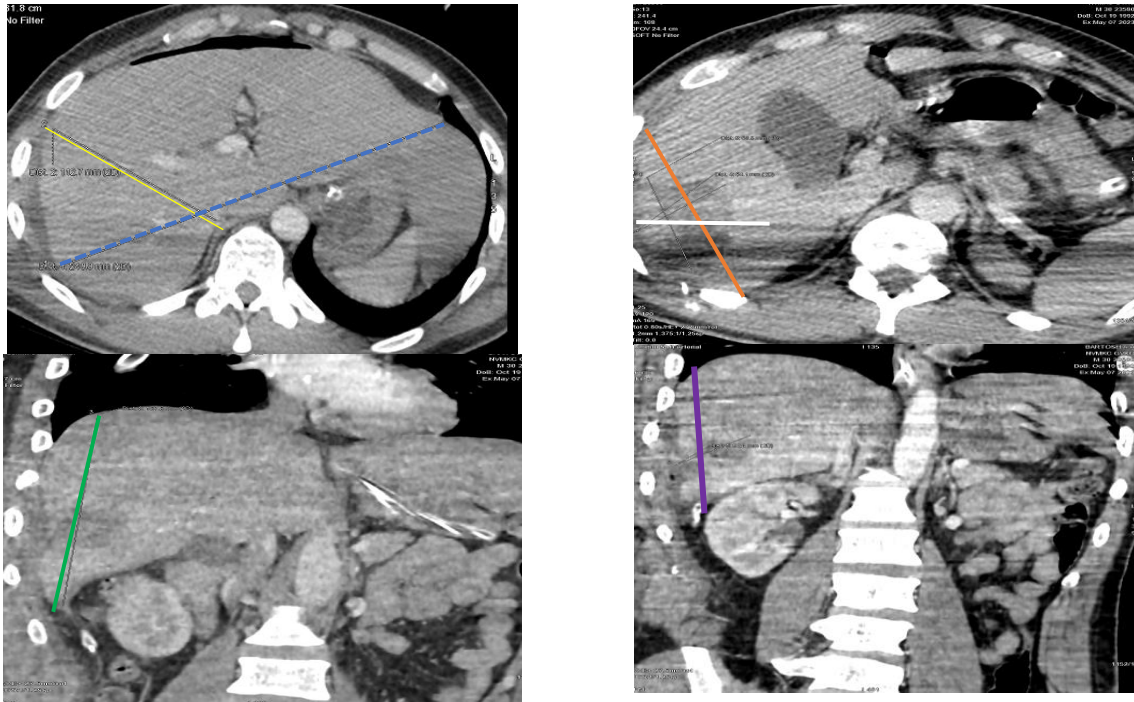


Рис. 5.11. Солдат Б., 30 р. Поєднане кульове поранення черевної порожнини. Вогнепальне осколкове сліпе ТАП справа з ушкодженням S 7, 8 печінки. Перелом ребер. Гемопневмоторакс справа. Гемоперитонеум. Множинні осколкові поранення м'яких тканин живота, поперекової ділянки справа, обох верхніх та нижніх кінцівок. Балістична волюмометрія. Вимірювання ПЗР печінки (голуба пунктирна лінія) та СР (жовта лінія) печінки в аксіальному зрізі; ККР в коронарному зрізі (зелена лінія). Балістична волюмометрія РК після ушивання печінки. Довжина РК (помаранчева лінія). Ширина РК (біла лінія). Товщина РК (фіолетова лінія)

$V_{\text{печінки}} = 3,14 \times 248,8 \times 112,7 \times 157,5 \text{ мм}/6 = 2311 \text{ см}^3$ (загальний об'єм печінки, маса 2 кг 311 г).

$V_{\text{РК печінки}} = 3,14 \times 66,5 \times 54,1 \times 52,4 \text{ мм}/6 = 98,5 \text{ см}^3$ (об'єм РК печінки, маса втраченої паренхіми 98,5 г). Співвідношення втраченої паренхіми до маси печінки складає 4,3 % ($j = 4,3 \%$)
 $j \leq 40 \%$ (прогноз сприятливий)

Як випливає з поданих даних, у постраждалого Б., 30 р., $j = 4,3 \%$, тому прогноз був сприятливий. Поранений солдат Б., 30 р., після перебування у ВРІТ для хірургічних хворих на 10 добу після поранення був переведений у відділення невідкладної хірургії НВМКЦ «ГВКГ», а в подальшому успішно евакуйований для госпітального лікування в інший медичний заклад України.

Візуально-балістична модель наскрізного РК печінки внаслідок снайперського ворожого обстрілу із гвинтівки СГД кулею 7,62 мм проміжного патрона ПС представлено на рис. 5.12.

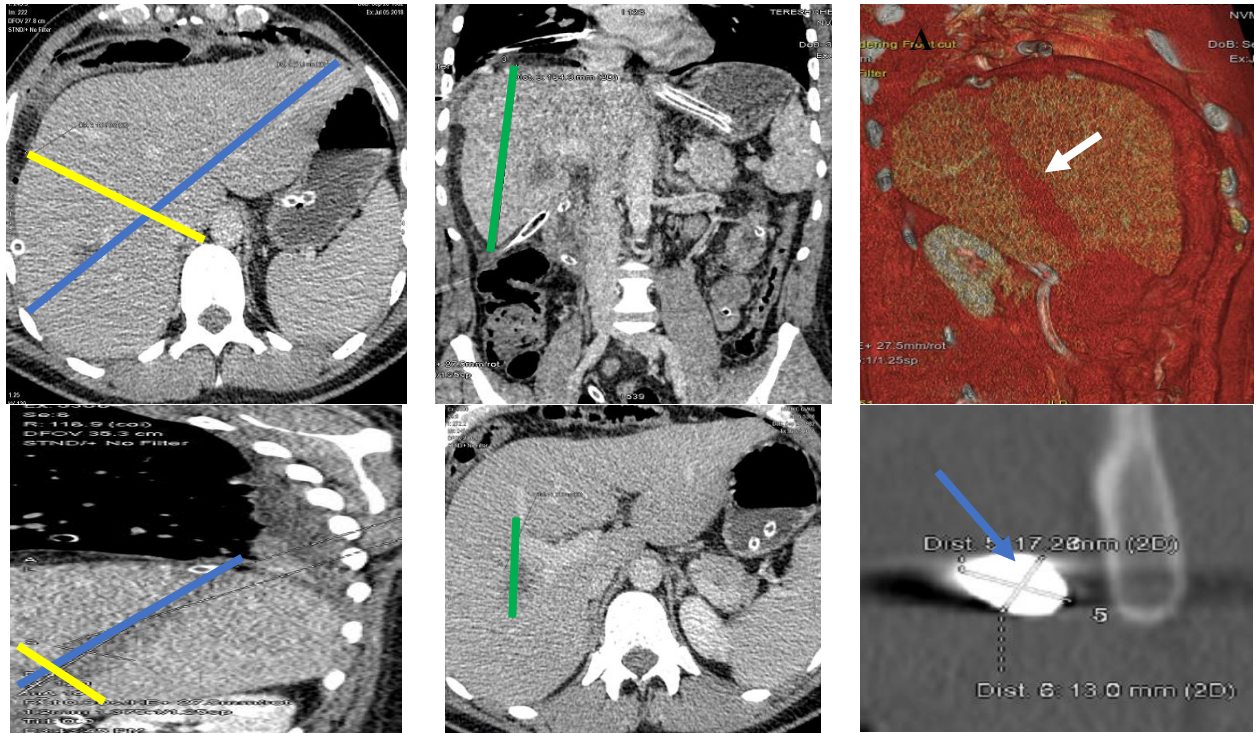


Рис. 5.12. Поранений Т., 33 р. Правобічне вогнепальне кульове сліпе торакоабдомінальне поранення. Вогнепальне кульове сліпе торакоабдомінальне поранення справа з множинним ушкодженням тонкої кишки, наскрізним пораненням печінки S 5–6, правого купола діафрагми. Гемоперитонеум. Вогнепальний перелом 7-го ребра, з ушиванням правої легені, з правобічним гемопневмотораксом. Геморагічний шок II ст. СПО. Дренування правої плевральної порожнини. Лапаротомія, резекція анастомозу тонкої кишки (2 анастомози), ушивання діафрагми, санація та дренування черевної порожнини. ПХО вогнепальних ран пальців лівої кисті. Балістична волюмометрія. ПЗР печінки 251 мм (голуба лінія); СР печінки 113,9 мм (жовта лінія). ККР печінки 184,3 мм (зелена лінія). Прямолінійний наскрізний РК печінки S5, S8 (біла стрілка). Довжина РК печінки 132,4 мм (голуба лінія); ширина РК 27,6 мм (жовта лінія). товщина РК печінки 22,2 мм (зелена лінія). Осердя БК 7,62 мм проміжного патрона ПС (голуба стрілка)

Під час отриманого поранення постраждалий Т., 33 р., перебував у захисному шоломі та бронежилеті. Як видно на рис. 5.12, в аксіальному зрізі виміряли ПЗР та СР печінки, у коронарному ККР (мм). Зображення РК печінки представлено на томограмі А (рис. 5.12). СТВП (фрагмент кулі 7,62 мм) сліпо

закінчив РК в грудній клітці (голуба стрілка). Фрагмент БК спричинив ушкодження печінки з прямолінійним РК. Збільшення об'єму ураженої печінки можна пояснити контузією як ушкодженого органа, так і тканин, що оточують РК печінки. Тому в томографічному зображенні (рис. 5.12) візуалізували чіткий контур РК із випадінням нормального зображення паренхіми в його межах (біла стрілка). Обчислення прогностичного індексу представлено:

$$V_{\text{печінки}} = 3,14 \times 251,0 \times 113,9 \times 184,3 \text{ мм/6} = 2458 \text{ см}^3 \text{ (загальний об'єм печінки, маса 2 кг 458 грамів).}$$

$$V_{\text{РК печінки}} = 3,14 \times 132,4 \times 27,6 \times 22,2 \text{ мм/6} = 42,4 \text{ см}^3 \text{ (об'єм РК печінки, маса втраченої паренхіми 42,4 грамів).}$$

Співвідношення втраченої паренхіми до маси печінки складає 1,7 %
 $j < 40 \%$

Як визначено після обчислення, j 1,7 %, тому прогноз у постраждалого Т., 33 р., був сприятливий. Візуально-балістичний приклад вогнепального кульового сліпого поранення печінки у постраждалого сержанта Т., 32 р., подано на рис. 5.13.

Балістичне обчислення прогностичного індексу (j %) у пораненого сержанта Т., 32 р., представлено:

$$V_{\text{РК печінки}} = 3,14 \times 74,4 \times 74,3 \times 47,5 \text{ мм/6} = 137,4 \text{ см}^3 \text{ (об'єм ранового каналу, зі стороннім тілом вогнепального походження, осколок корпусу боєприпаса, щільність 3071 од. НУ).}$$

$$V_{\text{АФЗ ураження, печінки}} = 3,14 \times 230,8 \times 161,8 \times 187,0 \text{ мм/6} = 3654,5 \text{ см}^3 \text{ (об'єм печінки).}$$

Співвідношення РК до АФЗ ураження складає 3,7 %, вітальний індекс сприятливий, не перевищує 30 % (поранений вижив)

На IV РМЗ інтраопераційно у постраждалого дістали БК 5,45x39 мм, індекс 7Н10, а на 10-ту добу перевели на наступний ЕМЕ.

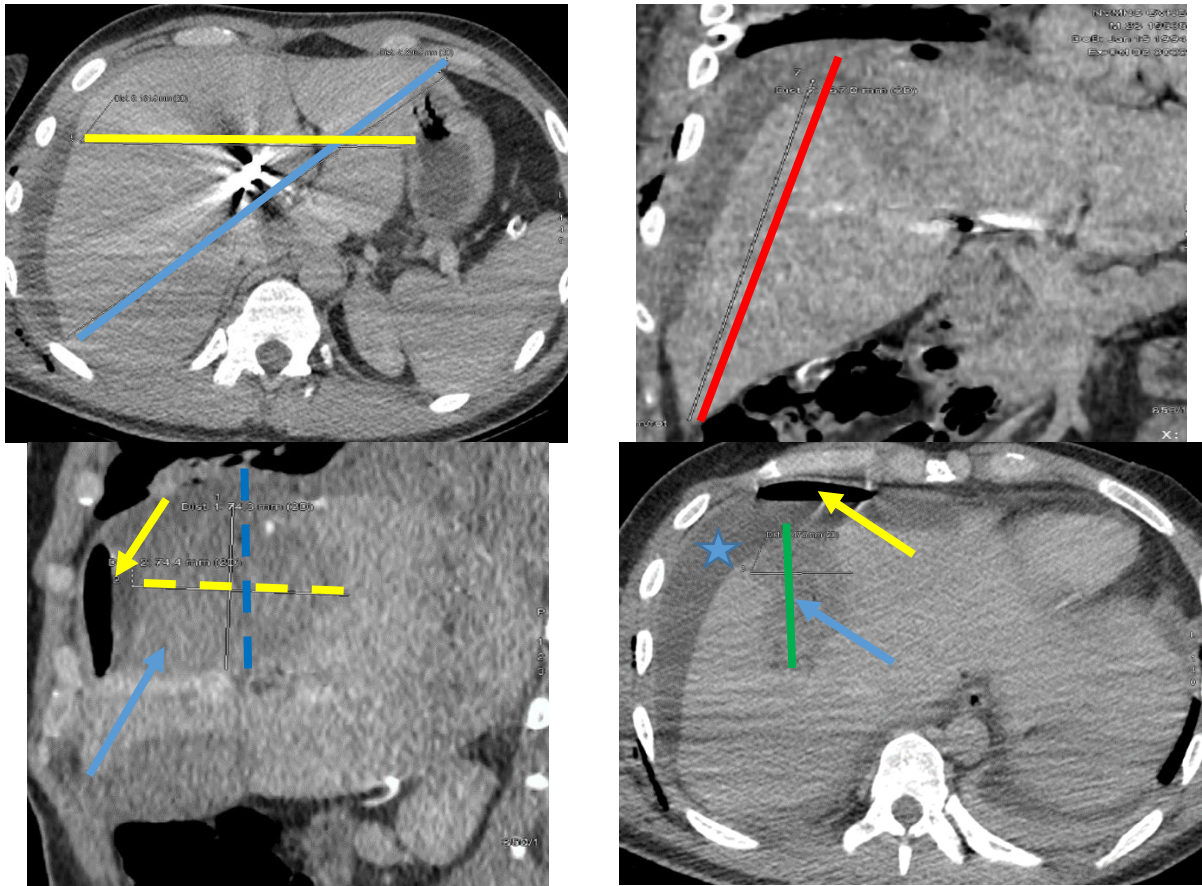


Рис. 5.13. Томограми постраждалого Т., 32 р., з кульовим сліпим пораненням печінки. Балістична волюмометрія. АФЗ печінки: ПЗР печінки 230,8 мм (голуба лінія); СР печінки 161,8 мм (жовта лінія). ККР печінки 187,0 мм (червона лінія). РК печінки довжина 74,4 мм (синя пунктирна лінія); ширина 73,3 мм (жовта пунктирна лінія); забій печінка (голуба стрілка); обмежений пневмоперитонеум (жовта стрілка). Товщина РК печінки 47,5 мм (зелена лінія); забій правої частки печінки, щільність 38,3 од. НУ (голуба стрілка); абдомінальний випіт, трансудат, щільність 9,3 од. НУ (голуба зірочка)

Візуально-балістичний приклад розщепленого РК печінки створено на анатомічній моделі у пораненого з осколковим сліпим пораненням S 6, 7 печінки, забоєм правої нирки внаслідок ворожого обстрілу зі стрілецької зброї АК-12, кулею 5,45x39 мм, 7Н39 із карбїду вольфраму. Як подано на моделі, відбулося пробиття класичного бронежилета ЗСУ Корсар, що засвідчує девіація РК та наявність осколків різної фракції, щільності (+3071 од. НУ, 1502 од. НУ). Балістичною волюмометрією визначено сприятливий прогноз, індекс j 4,3 %, що представлено на рис. 5.14.

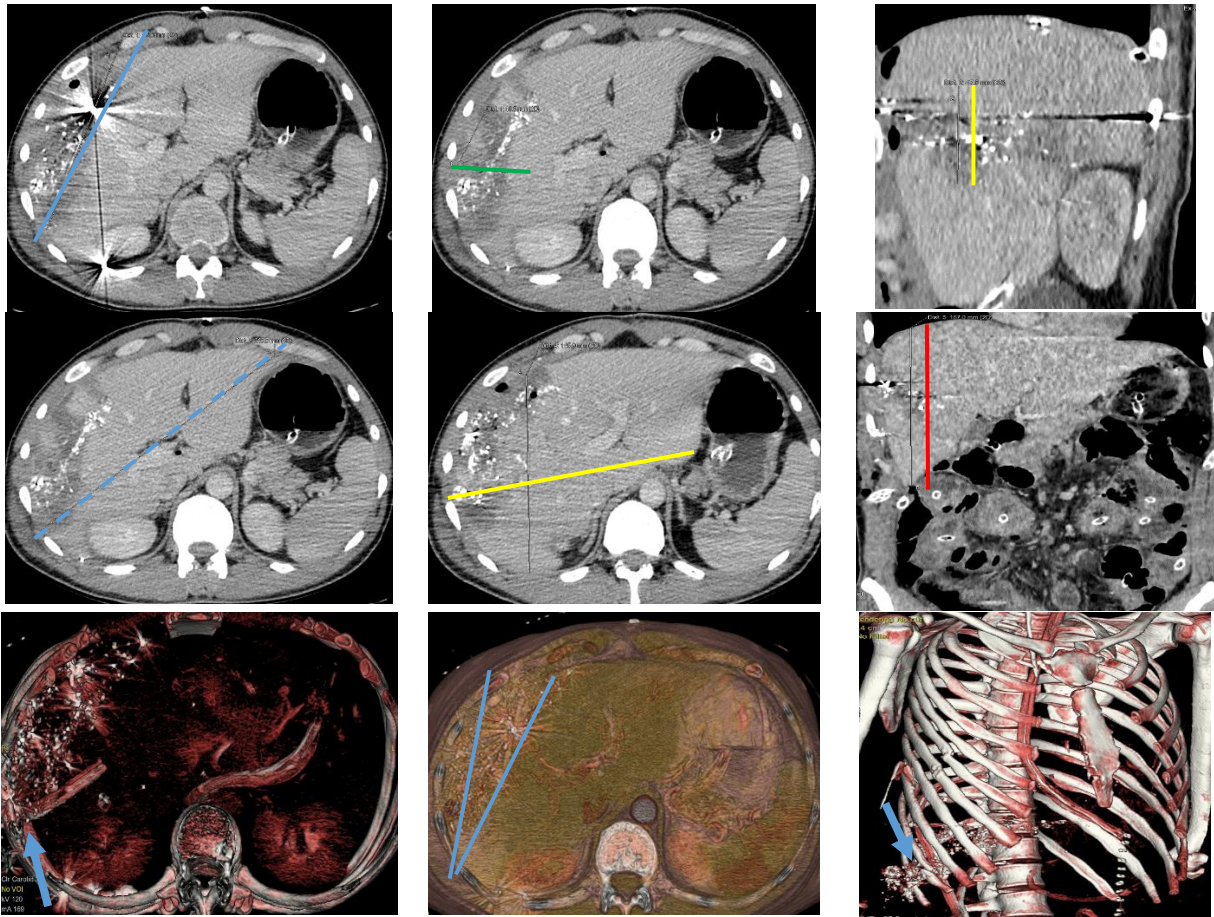


Рис. 5.14. Солдат С., 32 р. Осколкове поранення печінки. Візуальний контроль на IV РМЗ, МДКТ з контрастуванням. Балістична волюмометрія. АФЗ печінка: ПЗР печінки 225,5 мм (голуба пунктирна лінія). СР печінки 145,9 мм (жовта лінія). ККР печінки 167,0 мм (червона лінія). РК печінки; довжина РК печінки 136,6 мм (голуба лінія). Ширина РК печінки 40,5 мм (зелена лінія). Товщина РК печінки 47,6 мм (жовта лінія)

На наступній анатомічній моделі (рис. 5.15) у постраждалого з проникним осколковим пораненням печінки при вогневому ураженні зі стрілецької автоматичної зброї, крім мультиосколкової фрагментації БК та механічного пошкодження бронепластини, візуалізовані ушкодження та виявлені ознаки бойових ушкоджень внаслідок гідродинамічного удару (контузія паренхіми печінки, забій правої нирки, пневмоперитонеум та парез кишківника). Томографічно представлені візуальні ознаки розривної, пробивної, клиноподібної та контузійної дії БК калібру 5,45x39 мм, патрона 7Н39 із карбиду вольфраму.

Після зібраного бойового анамнезу у пораненого С., 32 р., встановлено, що поранення він отримав внаслідок ворожого обстрілу з АК-12, був у засобах індивідуального захисту.

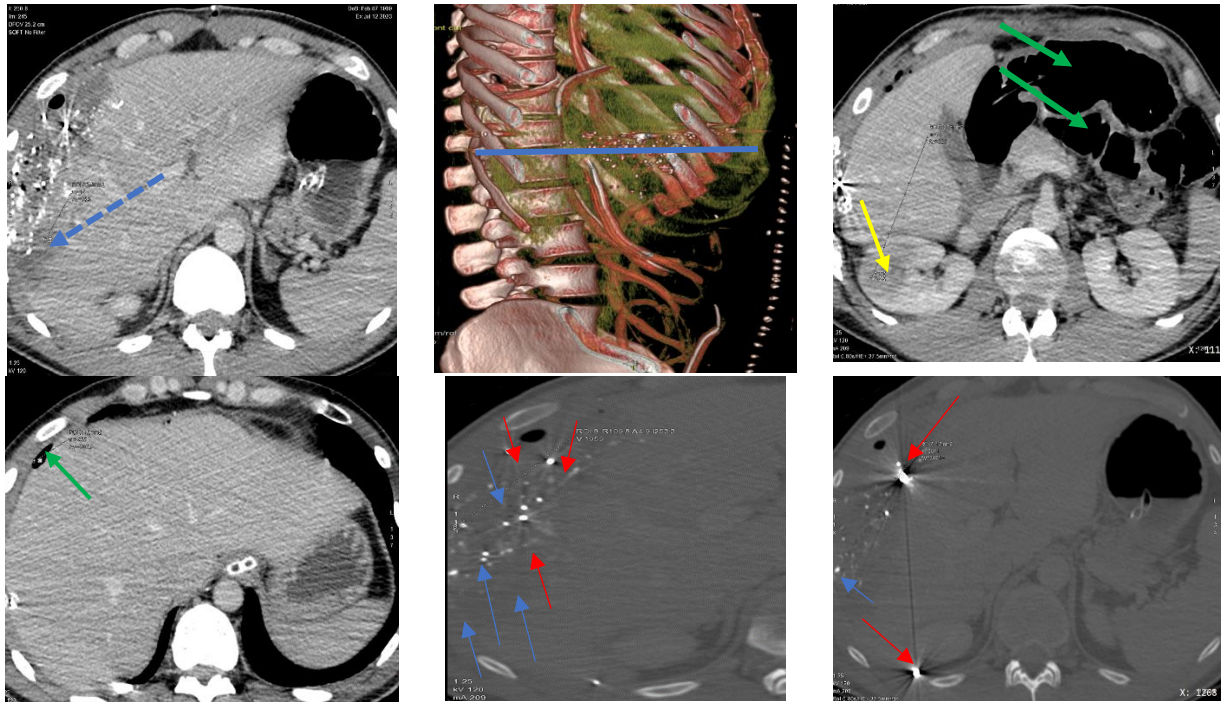


Рис. 5.15. МДКТ у постраждалого С., 32 р., з проникним осколковим пораненням печінки. РК печінки, контузія паренхіми, щільність 36,5 од. НУ (голуба пунктирна стрілка). РК печінки, множинні осколки (оболонки кулі 5,45x39мм, патрона 7Н39 та бронепластини) (голуба лінія). Забій правої нирки, щільність 62,0 од. НУ (жовта стрілка). Тонкокишковий парез (зелена стрілка). Пневмоперитонеум, щільність -906,9 од. НУ (зелена стрілка). СТВП, осколки бронепластини та «сорочки» БК, щільність 1959 од. НУ, 3050 од. НУ (голуба стрілка). СТВП, фрагменти сердечника БК патрона 7Н39, щільність 3071 од. НУ (червона стрілка)

При вогневому ураженні відбулося пробиття пластини бронезилета. Як видно з рис. 5.15, у 3D рендерингу зображенні на нижніх томограмах візуалізували розщеплення РК (голуба стрілка, голуба лінія) та виявили лідируючий осколок сердечника БК (червона стрілка). У зіставленні з РК балістичного експерименту ворожий постріл був з відстані 100 м. Балістична волюмометрія подана:

$$V_{\text{АФЗ печінки}} 2875,4 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{РК печінки}} 137,8 \text{ см}^3 \text{ j } 4,8 \% (30 \% > 4,8 \% < 40 \%) \text{ прогноз сприятливий}$$

Як видно з рис. 5.15, в отворі пробиття бронепластини відбулося розщеплення РК з утворенням множинних СТВП (осколків), що склали власне пласт бронепластини, щільність яких 1959 од. НУ та безпосередньо мультиосколкова фрагментація БК з утворенням осколків оболонки, щільність 3050 од. НУ та сердечника 3071 од. НУ.

На рис. 5.16 представлено візуальний приклад вимірювання БУ печінки внаслідок ЗБТ живота в анатомічній моделі. Даний приклад продемонстрував структурно-функціональні зміни при багатофакторному ушкодженні внаслідок вибухової травми, заброневої перешкоди, (захисного шолома, бронезилета та вибуху у військовій техніці при підриві на протипіхотній міні). Так, у постраждалого солдата М., 20 р., встановлено ЗЧМТ, забій головного мозку, проникне ТАП, із ушкодженням S8 печінки, правої нирки, селезінки, шлунка та опіком обличчя.



Рис. 5.16. Солдат М., 20 р. ВТ. ЗЧМТ. Забій головного мозку. САК. Осколкове поранення обличчя. Опік 2А ст. 1% обличчя. Вогнепальне осколкове проникне торакоабдомінальне поранення з ушкодженням 8-го сегмента печінки, селезінки, шлунка. Забій правої нирки. Правобічний гемопневмоторакс. Осколки м'яких тканин нижніх кінцівок та правої верхньої кінцівки. Візуальний контроль IV РМЗ. МДКТ з контрастуванням. Забій печінки, розмір 83x77x52 мм, об'єм 174 см³, щільність 42,5 од. НУ (голуба стрілка). Гепатомегалія, об'єм печінки 2492 см³

Подано вимірювання прогностичного індексу (j %) у постраждалого із вибуховою травмою внутрішніх органів:

$V_{\text{печінки}} = 3,14 \times 212,2 \times 122,9 \times 182,6 \text{ мм/6} = 2492 \text{ см}^3$ (загальний об'єм печінки, маса 2 кг 492 г).

$V_{\text{забою печінки}} = 3,14 \times 83,0 \times 77,0 \times 52,0 \text{ мм/6} = 173 \text{ см}^3$ (об'єм ділянки забою печінки). Співвідношення втраченої паренхіми до маси печінки складає 7 %

Як видно з рис. 5.16 та обчислення співвідношення об'єму ділянки забою паренхіми до загального об'єму печінки, індекс j 7 %, не перевищив 40 %, тому прогноз у постраждалого М., 20 р., був сприятливий.

У додатку А61 представлена візуально-балістична анатомічна модель вогнепального ураження печінки автоматичною зброєю підтримки вогню, що перебуває на озброєнні збройних сил рф, НСВТ 12,7 мм великокаліберний кулемет «Утес», призначений для боротьби з легкоброньованими цілями та вогневими засобами. Кулемет встановлюється на бронеоб'єкти, в якості допоміжного озброєння танків, на авіаційну та іншої військової техніку. Для вогнепального ураження застосовуються патрони 12,7x108 мм, з початковою швидкістю 845 м/с, кінетична енергія кулі 15815–17672 Дж (високоенергетична БК). Безперервний режим вогню з кулемета, висока бойова скорострільність 700–800 пострілів за 1 хв та можливість пробиття броні товщиною 16 мм на дальності 500 м, спричинила особливо важке ушкодження паренхіми печінки з пробиттям броні і бронепластини та розтрощенням лівої та частково правої долі печінки у солдата Д., 30 р. (додаток А61). На шляху траєкторії польоту БК калібру 12,7 мм до ушкодження печінки втратила фрагменти сталеві оболонки під час пробиття броні машини та бронепластини бронежилета, що також знизило її швидкість і не спричинило наскрізного пробиття органа. У даного пораненого визначився великий обсяг забою нижньої долі правої легені з розвитком ателектаза та значний об'єм розтрощення лівої та частково правої долі печінки, з розвитком інфаркту внаслідок масивного ушкодження судинної системи органа. Прогностичний індекс руйнації тканини відповідав 11,2 %, не перевищив 40 %, прогноз на виживання був сприятливий. Також застосування тампонів піддіафрагмальних та наддіафрагмальних просторів тактики DCS, крім гемостатичної функції, відіграло роль штучного каркаса, що зберегло фрагменти

розтрощеної паренхіми в межах топографічної зони та не спричинило розтікання тканини перитонеально та ретроперитонеально.

Відкриті незахищені ділянки таза уражаються як снарядом вогнепальної зброї БК, так і осколками внаслідок вибухової, бризантної дії боєприпасів. Тому при візуально-балістичному аналізі враховували те, що тазові кістки, прилеглі кісткові структури більш щільні та створюють природну заброневу перешкоду. Тому БК, які ударяються об тазові кістки, спричиняють розривну дію, фрагментаються на осколки в РК з утворенням як СТВП (металеві осколки) так і СТНВП (кісткові уламки), що представлено в додатку А62.

Як видно з додатку А62, осколкова доріжка візуалізувалася в межах РК лівої здухвинної ділянки (біла стрілка). На МДКТ *Full Body Scan* встановлено багатоуламковий перелом клубової кістки, розлітання осколків в межах лівої здухвинної, поперекової, крижової ділянки та петлях клубової кишки (біла пунктирна стрілка). Найбільший лідируючий осколок зосередився в тілі здухвинної кістки, що спричинило багатоуламковий її перелом (жовта стрілка). З проведених розрахунків вітальний прогностичний індекс втраченої кісткової тканини склав 29,3 %, що не перевищило 40 %, тобто прогноз у пораненого був сприятливий.

Внаслідок пробиття бронепластини або потрапляння СТВП (осколків) при фрагментації БК під бронезилетом спостерігали бойові ушкодження легень. Такий візуальний приклад анатомічної моделі РК лівої легені подано в додатку А63. У легеновому режимі на томограмах представлено РК лівої легені з дев'яцістю та СТВП (осколком, фрагментом БК) лівої легені, з обчисленням об'єму та визначенням прогностичного індексу (j %), який склав 3 %, тому прогноз був сприятливий.

Вогнепальні кульові поранення у разі пробиття бронепластини мали РК, що були представлені СТВП, металевими осколками різної рентгенівської щільності (додаток А64). У м'яких тканинах задньої поверхні грудної клітки праворуч на рівні 5–6 ребер відбулася фрагментація БК. На початку траєкторії польоту БК зіткнулася з перешкодою, тому фрагмент осколка оболонки БК був

найбільшим. Подальший осколковий шлях РК був представлений осколками не тільки сталеві оболонки БК, а й матеріалу бронепластини. Відділився максимально крупний лідируючий осколок, розміром 8,0x6,0 мм, щільність 3071 од. НУ, що відповідало щільності сердечника БК індексу 7Н6, 7Н10, 7Н22. Також незагострена форма осколків та відсутність яскравих доріжок артефактів свідчило про застосування штурмової автоматичної зброї, залізovмісних плакованих томпаком БК.

Мультиосколковий характер РК задньої поверхні грудної клітки свідчив про пробиття бронезилета та наявність в осколковій доріжці матеріалу пластики з різною щільністю: 1536 од., 1945 од., 2476 од. НУ (додаток А64).

Виміряли об'єм РК задньої поверхні грудної клітки праворуч, що склало 27,7 % та не перевищило 40 % реберного каркаса, тому прогноз для виживання був сприятливий.

Сучасна стрілецька, інша піхотна та протипіхотна зброя, яку використовують ЗС рф у повномасштабній війні, представлена різними зразками. Характерною ознакою було використання снарядів, модифікованих різнокаліберних БК для стрільби, з метою знищення живої сили, у найбільш життєво важливі АФЗ (голова, грудна клітка, інші органи). У додатку А65 представлено візуально-балістичний приклад застосування снайперської стрілецької зброї з підвищеною точністю стрільби (СГД) у постраждалого солдата Н., 40 р., із сприятливим прогнозом.

Наступний приклад демонструє небалістичну волюмометрію у постраждалого з тяжкою невогнепальною травмою та тяжким станом (додатки А66, А67). Представлено анатомічну модель небалістичної волюмометрії, яка також застосовувалася для прогнозування результату хірургічного лікування у постраждалих із БТ. Інформативне прогностичне значення мала сума вітальних прогностичних індексів (j %) ушкоджених тканин у зв'язку зі структурно-функціональними післятравматичними змінами різних органів і систем у постраждалих із важкою політравмою та важким станом.

Як видно з даної анатомічної моделі, у постраждалого П., 35 р. з політравмою внаслідок ДТП, вітальні показники за трьома ушкодженими органами не перевищували показника 30–40 % (і 7,8 %), що дало сприятливий прогноз на виживання. Тому постраждалий П., 35 р., на 7-му добу перебування у ВРІТ для нейрохірургічних хворих був переведений у цивільний лікувальний заклад ОЗ України для подальшого хірургічного лікування.

5.3. Балістична волюмометрія та візуально-балістична характеристика РК у разі застосування важкого авіаційного озброєння, комбінованої вогнепальної зброї, поєднання різних видів зброї

Інтенсивність та щільність вогнепального ураження противником позицій наших захисників супроводжуються застосуванням важкого артилерійського, реактивного озброєння (автоматичні гармати, міномети, РСЗВ «Град», «Смерч» та інша вогнепальна зброя), авіаційного (КАР/КАБ), в поєднанні з прицільним вогнем зі стрілецької автоматичної зброї, протипіхотної зброї, бойовими дронами. Тому такі поранення характеризуються ураженням різних частин тіла, АФЗ, незалежно від застосованих ЗІЗ (шолом, бронежилет, окуляри), що й визначило різний візуальний характер РК (сліпі, множинні, наскрізні або ушкодження без РК). Прогностичний індекс (і %) визначався в одній АФЗ БУ, або складав суму різних АФЗ у кожному випадку для анатомічного, балістичного моделювання поранень або цілої анатомічної моделі індивідуально у кожному випадку.

Візуальний приклад визначення прогностичного вітального індексу у постраждалого Б., 20 р., з вогнепальним наскрізним осколковим (через заочеревинний простір) пораненням поперекової ділянки зліва з вогнепальним багатоуламковим переломом гребня клубової кістки зліва, представлено в додатку А68. Солдат Б., 20 р. поранення отримав у незахищені ділянки таза та попереку внаслідок розриву боєприпаса при артилерійському обстрілі. Металевий осколок корпусу боєприпаса наскрізь пройшов здухвинну кістку, що спричинило вогнепальний багатоуламковий перелом гребня та овальної форми

рановий кістковий канал. Як видно з томограм, у кістковому РК встановлено дренаж для аспірації заочеревинної гематоми зліва (жовта стрілка). Об'єм ранового кісткового каналу та лівої здухвинної кістки виміряли за раніше представленою формулою та зіставили з об'ємом кістки для визначення вітального прогностичного індексу руйнації кісткової тканини. Лінійні розміри довжини та ширини лівої здухвинної кістки виміряли в режимі 3D реконструкції, а товщину – в сагітальному зрізі. Лінійні розміри ранового кісткового каналу виміряли в аксіальному та коронарному зрізах. Після проведеної балістичної волюмометрії, прогностичний індекс був 20 %, тобто визначився сприятливий прогноз. МДКТ в кістковому режимі дозволила проводити балістичні динамічні обчислення кісткових РК (рис. 5.17).

$$V_{\text{РК 4-та доба}} = 3,14 \times 87,2 \times 56,9 \times 71,5 \text{ мм}^3 / 6 = 185,6 \text{ см}^3 \text{ (первинний об'єм РК)}$$

$$V_{\text{РК 12-та доба}} = 3,14 \times 79,4 \times 46,4 \times 75,6 \text{ мм}^3 / 6 = 145,7 \text{ см}^3 \text{ (динамічний об'єм РК)}$$

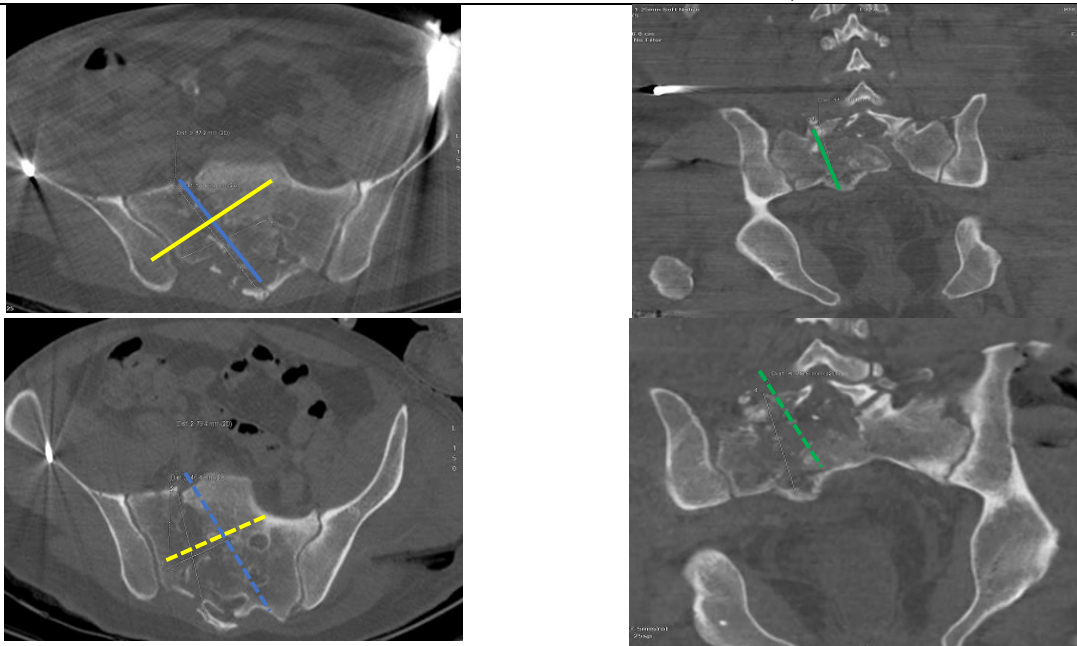


Рис. 5.17. Динамічна балістична волюмометрія кісткового РК правої бокової маси крижової кістки. Кістковий РК правої бокової маси крижової кістки у постраждалого з ВП різної локалізації на 4-ту добу після поранення. Аксіальний зріз. Довжина кісткового РК 87,6 мм (голуба лінія), ширина РК 56,9 мм (жовта лінія). Коронарний зріз. Товщина кісткового РК 71,5 мм (зелена лінія). $V_{\text{РК первинного МВК}} 185,6 \text{ см}^3$. Кістковий РК правої бокової маси крижової кістки у постраждалого з ВП різної локалізації на 12-ту добу після БТ. Аксіальний зріз. Довжина кісткового РК 79,4 мм (голуба пунктирна лінія), ширина РК 46,4 мм (жовта пунктирна лінія). Коронарний зріз. Товщина кісткового РК 75,6 мм (зелена пунктирна лінія). $V_{\text{РК динамічного МВК}} 145,7 \text{ мм}$

Як випливає з розрахунків, у середньому на другий тиждень після поранення відбулося зменшення об'єму кісткового РК (з 186 см³ до 146 см³). Зіставлення об'ємів РК до загального об'єму маси крижової кістки (V_{408} см³) для визначення вітального прогностичного індексу (j %) з руйнацією кісткової тканини подано:

$V_{\text{РК 4-та доба}} = 185,6 \text{ см}^3$ (первинний МВ об'єм РК)
 $V_{\text{РК 12-та доба}} = 145,7 \text{ см}^3$ (динамічний МВ об'єм РК)
 $V_{\text{маси крижової кістки}} = 408 \text{ см}^3$ (крижова кістка)
 Індекс j на 4-ту добу після поранення 45,5 %, що не перевищує 50 %
 Індекс j на 12 добу після поранення 35,7 %, що не перевищує 40 %

Як представлено в розрахунках динамічного прогностичного індексу, на 4-ту добу після поранення у постраждалого індекс 45,5 %, прогноз був сумнівний. Рациональне хірургічне лікування забезпечило ефективні репаративні процеси, що підтверджено вітальним індексом на 12-ту добу лікування та зменшення j до 35,7 %. На анатомічній моделі спостерігали поєднання різних факторів вогневого ураження, з ушкодженням незахищених ділянок тіла БК калібру 5,45x39 мм термозміцненого осердя патрона 7Н39 та осколкового БУ різних ділянок тіла внаслідок артилерійського обстрілу (додаток А69). Типовий профіль таких поранень визначив багатофакторність ураження, а саме балістичні властивості БК та осколків різної фракції, які в поєднанні склали вибухове поранення у постраждалого з БТ різної локалізації. Як подано у додатку А69, на рівні 11-го ребра, міжреберних проміжках 9–12 ребер зліва, поперекових ділянках визначилася БК калібру 5,45x39 мм термозміцненого осердя патрона 7Н39 і множинні металеві осколки, рентгенівська щільність яких 3071 од. НУ (голуба стрілка), а також СТНВП, кісткові уламки, щільність 1321 од. НУ. У правій поперековій на нижньо-грудній ділянках визначився РК із множинними осколками внаслідок відбиття та пробиття бронепластины автоматичною БК (голуба пунктирна стрілка). Визначений РК в м'яких тканинах спини та попереку (голуба пунктирна стрілка) був з ознакою перекидання БК, що збільшило площу ураження (чорна стрілка). Враховуючи низьку швидкість СТВП, металевого

осколка боєприпаса внаслідок артилерійського ворожого обстрілу відбулося його потрапляння у ліву плевральну порожнину, паракардіальну локалізацію, під бронезилетом та відсутність фрагментації в тілі постраждалого. Після візуального аналізу визначено розмір металевого осколка 19,7x10,3 мм, що за відомими розмірам сталевий оболонки кулі 5,45x39 мм значно перевищило їх. А щільність осколка та БК однакові +3071 од. НУ, що свідчило про вогнепальне ураження нерухомих та рухомих цілей із застосуванням як важкого озброєння, так і стрілецької зброї противником. За розрахунками волюмометрії РК м'яких тканин, у даного постраждалого РК V 32,8 см³ у два рази був менший від РК₂ та не більше РК₁, РК₃, РК_{3а}, що були оцінені експериментально на блоках при пострілі з АК-12 та дало можливість застосувати експериментальний індекс до 40 % для сприятливого прогнозування.

Візуальний приклад анатомічної моделі важкого вибухового поранення обличчя внаслідок контакної дії ВОГ представлено у додатку А70. Співвідношення РК до АФЗ ураження склало 64,1 %, вітальний індекс несприятливий, $j > 40$ % (поранений не вижив). Незахищені ділянки шиї уразливі для вогнепального ураження як кульового, так і осколкового. Візуальний приклад вогнепального осколкового поранення середостіння осколком, щільністю 3071 од. НУ у термінальному відділі РК, з балістичним обчисленням подано у додатку А71. На томограмах представлено вогнепальне осколкове поранення середостіння, з багатоуламковим переломом нижньої щелепи справа, гайморових пазух, з дефектом м'яких тканин обличчя, j % був 6,3 %, тому прогноз сприятливий.

Візуально-балістичний приклад анатомічної моделі сліпого вогнепального поранення печінки внаслідок обстрілу боєприпасом «ЗШ-2 лепесток», начиненим стрілоподібними елементами, подано у додатку А59. У солдата Г., 34 р., об'єм РК печінки склав 11,4 см³. У каналі був візуалізований стрілоподібний елемент (флашет) лівої частки печінки (голуба стрілка). Порівняно з іншими рановими каналами печінки, спричиненими різними боєприпасами (кулями, ВОГ, ракетами, іншими боєприпасами), РК був

найменший, що можна пояснити ТТХ даного стрілоподібного уражаючого елемента в реактивному боєприпасі, а саме низька його швидкість, мала маса та помірна коагуляційна дія на стінки РК. Прогностичний індекс був 3,5 %, сприятливий. Перебіг післяопераційного періоду у постраждалого Г., 34 р. – без ускладнень. Візуальний приклад обчислення індексу при вогнепальному осколковому проникному пораненні правого заочеревинного простору з ушкодженням верхнього полюса правої нирки внаслідок потрапляння металевого фрагмента боєприпаса при обстрілі позицій з важкого озброєння (РСЗВ «Град»), представлено у додатку А72. На IV РМЗ у НВМКЦ «ГВКГ» постраждалому Г., 26 р., була проведена МДКТ із контрастуванням всього тіла (*Full Body Scan*). Встановлено післятравматичний пульмоніт, щільність 29,4 од. НУ (жовта стрілка); гематома правої нирки, щільність 68,3 од. НУ (голуба стрілка) та гематома в стадії редукції паранефральної жирової клітковини, щільність 49,1 од. НУ (червона стрілка). Описані БУ внутрішніх органів виникли внаслідок багатофакторного впливу СТВП, металевого осколка, розміром 40x9,8 мм, щільність 3071 од. при попаданні у правий заочеревинний простір, внаслідок розриву боєприпаса. Відповідно до поданих томограм виміряли АФЗ правої нирки: ПЗР 56,2 мм (голуба лінія); СР 57,8 мм (помаранчева лінія) та ККР 32,6 мм (жовта лінія). При вимірюванні РК врахували траєкторію руху осколка правого заочеревинного простору від зовнішнього отвору шкіри до верхнього полюса нирки. Довжину та товщину РК вимірювали в коронарному зрізі (довжина РК 142,2 мм, червона лінія); товщина РК 47,5 мм, зелена лінія), а ширину – в аксіальному зрізі (32,6 мм, біла лінія). Із застосуванням балістичної волнометрії визначили об'єм РК правого заочеревинного простору, з проникним пораненням правої нирки, та об'єм правої нирки, що подано:

$V_{\text{РК правої нирки}} = 3,14 \times 142,2 \times 32,6 \times 47,5 \text{ мм}^3 / 6 = 115,2 \text{ см}^3$ (об'єм РК, зі СТ ВП, осколок корпусу боєприпаса, щільність 3071 од. НУ).

$V_{\text{АФЗ ураження (права нирка)}} = 3,14 \times 56,2 \times 57,8 \times 111,2 \text{ мм}^3 / 6 = 188,9 \text{ см}^3$ (об'єм АФЗ ураження – права нирка).

Співвідношення РК до АФЗ ураження складає 61 %, вітальний індекс несприятливий, $j > 40 \%$ (нирка видалена)

Як видно з даних обчислень, індекс j 61 %, що значно перевищив 50 % об'єму правої нирки, тому було виконано правобічну нефректомію на IV РМЗ у НВМКЦ «ГВКГ» в урологічному відділенні (додаток А72). Анатомічна модель летального прикладу важкого поєданого поранення головного мозку, лівого орбітального комплексу у постраждалого лейтенанта Б., 32 р., із вибуховим пораненням при застосуванні противником важкого озброєння (артилерійський та мінометний обстріл), представлена у додатку А73. Постраждалий Б., 32 р. отримав важке ізольоване вогнепальне осколкове проникне орбіто-краніальне поранення, з прямим попаданням осколка та енуклеацією лівого ока. На 5-ту добу після поранення була констатована біологічна смерть. Ускладнення основного захворювання: набряк набухання головного мозку, механізм смерті: гостра серцево-судинна недостатність на фоні набряку набухання головного мозку, наростання поліорганної недостатності. Балістичні обчислення орбіто-краніальної та орбітальної зони ураження у співвідношенні до АФЗ черепа та головного мозку представлено:

$V_{\text{АФЗ черепа, головного мозку}} = 3,14 \times 152,6 \times 121,8 \times 109,8 \text{ мм/6} = 1068,0 \text{ см}^3 \text{ (об'єм АФЗ черепа, головного мозку).}$ $V_{\text{ушкодження орбіто-краніальної зони}} = 3,14 \times 144,1 \times 71,2 \times 86,3 \text{ мм/6} = 463,4 \text{ см}^3 \text{ (об'єм бойового ушкодження орбіто-краніальної зони).}$ $V_{\text{РК лівої орбітальної зони}} = 3,14 \times 55,5 \times 47,6 \times 42,2 \text{ мм/6} = 58,3 \text{ см}^3 \text{ (об'єм РК лівої орбітальної зони)}$
--

Як видно з обчислень поданих томограм, співвідношення орбіто-краніальної зони БУ до загального об'єму АФЗ черепа та головного мозку – 43,4 %. Співвідношення лівої орбітальної зони РК до загального об'єму АФЗ черепа та головного мозку – 5,4 %. Тому, враховуючи характер, обсяг та локалізацію поєданого поранення голови, склали відсотки ушкоджень орбіто-краніальної та орбітальної зон. Сумарний їх об'єм став 48,8 %, що перевищило 40 %. Вітальний прогностичний індекс БУ у постраждалого майже відповідав 50 %, (j 48,8 %) – прогноз на виживання був несприятливий (поранений помер).

У додатку А74 поданий візуально-балістичний приклад анатомічної моделі застосування противником авіаційного озброєння. Представлено ВТЛ, БУ лицевого черепа, щелепно-лищевої ділянки у постраждалого О., 27 р. Як подано на томограмах, внаслідок ВТ у солдата О., 27 р., виникло БУ м'яких тканин правої підщелепної ділянки з розповсюдженням по ходу РК, розмірами: 100,2x45,3x61,8 мм, V 146,8 см³ (голуба, зелена, жовта лінії) в проєкцію дна порожнини рота ліворуч, носоглотки. У РК підщелепної зони визначили гемостатичний тампон (червона стрілка). Для прорахування вітального індексу втраченої тканини визначили об'єм АФЗ щелепно-лищевої ушкодженої ділянки: ККР 123 мм (голуба пунктирна лінія); ПЗР 154,2 мм (зелена пунктирна лінія); СР 139,6 мм (жовта пунктирна лінія); V 1385,6 см³. Вітальний індекс (j %) був 10,6 %, що не перевищив 40 % від загального об'єму щелепно-лищевої АФЗ постраждалого О., 27 р. Також у постраждалого О. було діагностовано ВТЛ, альвеолярний набряк легень (А) та обмежений правобічний пневмоторакс, щільність -971,2 од. НУ (голуба стрілка). Прораховано об'єм пневмотораксу (180,3x62,0x7,7 мм, V 45 см³) та об'єм правої легені (ККР 218,2 мм (червона лінія); ПЗР 169,8 мм (помаранчева лінія); СР 134,7 мм (червона пунктирна лінія); V 2611,8 см³). Прогностичний індекс j 1,7 %, що не перевищує 30–40 %, тому прогноз сприятливий. У постраждалого О., 27 р., діагностовано гемосинус (максиллярний та етмоїдальний, щільність 74,1 од. НУ, що відповідало свіжій крові). Також у постраждалого встановлено травматичний набряк ушкоджених тканин лицевого черепа, а саме його синусів. Як наслідок, підвищення проникності капілярів спостерігали як альвеолярний набряк легень, так і накопичення трансудату в черевній порожнині та заочеревинному просторі. Набряк паранефральної жирової клітковини праворуч був щільністю 12,6 од. (жовта стрілка), а ліворуч, щільністю 4,1 од. НУ (зелена стрілка) (додаток А74).

Сучасна російсько-українська війна суттєво відрізняється від воєн не тільки ХХ ст., але й локальних збройних конфліктів ХХІ ст.. Застосування противником авіаційного озброєння з потужними аеродинамічними ТТХ боєприпасів (КАР/КАБ), ударних дронів для вогневого ураження живої сили

спричиняють важкі проникні осколкові множинні, поєднані поранення, хімічні опіки, отруєння, тобто балістичну політравму. У додатку А75 представлено анатомічну модель проникного осколкового поранення голови та інших локалізацій внаслідок авіаційного удару. У постраждалого К., 35 р., діагностовано проникне поранення черепа з ушкодженням мозку, що супроводжувалося розтріскуванням потиличної кістки та ушкодженням тканин мозку в стінці РК (жовта пунктирна стрілка), а розповсюдження вибухової хвилі викликало САК (зелена стрілка). Етапований мав післяопераційний кістковий дефект потиличної ділянки, заміщений титановою пластиною (зображення А). РК в мозку у постраждалого представлений, крім металевго осколка, щільність 3071 од. НУ (червона стрілка), також множинними кістковими уламками, щільність 1005 од. НУ (синя стрілка). На особливу увагу заслуговувала ВТЛ, яка в даному випадку була спричинена як дією самого осколка, що візуалізовано в м'яких тканинах правої лопаткової ділянки (голуба стрілка), так і потужною вибуховою хвилею, що спричинило консолідацію легеневої тканини в задніх відділах обох легень, щільність 30,2 од. НУ (трикутник). Вибуховий ефект при вогневому ураженні із застосуванням КАР/КАБ характеризувався структурно-функціональними змінами у всіх органах незалежно від дистанції дії термічного фактора, вибухової хвилі та проявився накопиченням порожнинних випотів (плевральних, абдомінальних, інших локалізацій). Представлено плевральний випіт, щільність 2,2 од. НУ (жовта стрілка), що відповідало трансудату. Також діагностовано абдомінальний випіт, щільність 5,8 од. НУ під селезінкою, що відповідало трансудату. Постраждалому К., 35 р., у НВМКЦ «ГВКГ» виконали візуальний контроль ІV РМЗ та встановили: двобічний гідроторакс (D>S), щільність 2,2 од. НУ (жовта стрілка), забій легень ((D>S), щільність 30,2 од. НУ (голубий трикутник), металевий осколок лівої лобної долі, 12x7,3мм (червона стрілка), м'яких тканин правої лопаткової ділянки, осколок 10x7,3мм (голуба стрілка), щільність осколків 3071 од. НУ, САК, щільність 66,8 од. НУ (зелена стрілка). Балістично-волнометричні вимірювання наступні: АФЗ головний мозок. ПЗР 150,5 мм (зелена лінія). СР 136,7 мм (голуба лінія). ККР 127,2 мм

(жовта лінія); V 1369,5 см³. РК довжина 143,9 мм (жовта пунктирна лінія); ширина 23,3 мм (червона лінія); товщина 31,7 мм (голуба пунктирна лінія); V 55,6 см³. j 4,0 %; (30 % > 4,0 % < 40 %), прогноз сприятливий. $V_{\text{АФЗ}}$ пр легені 1236 см³; $V_{\text{АФЗ}}$ лів легені 1137 см³. $V_{\text{забою}}$ пр легені 92,4 см³; j 7,5; $V_{\text{забою}}$ лів легені 59,6 см³; j 5,2 %. $\Sigma_j = 4,0 \% + 7,5 \% + 5,2 \% = 16,7 \%$ (прогноз сприятливий). Сумарний прогностичний індекс j 16 %, не перевищив 40 %, тому у постраждалого К., 35 р., прогноз був сприятливий.

Індивідуальні візуально-балістичні анатомічні моделі бойової травми, балістична, небалістична волюмометрія, вітальний прогностичний індекс були створені для прогнозу ризику летальних випадків у післяопераційних етапованих хворих. Враховуючи, що у 59,3 % випадків візуальних томографічних спостережень були виявлені сліпі ранові канали з осколками різних фракцій, куль, фрагментів боєприпасів, увагу приділяли небезпеці та ризику їх міграції з розвитком емболії. Так, перше вітчизняне повідомлення кульової емболії у пораненого з поєднаним осколковим пораненням нижньої порожнистої вени, з розвитком кульової емболії легеневої артерії, представив І. П. Хоменко та співавт. [184]. Даний візуальний приклад представлено на рис. 5.18.

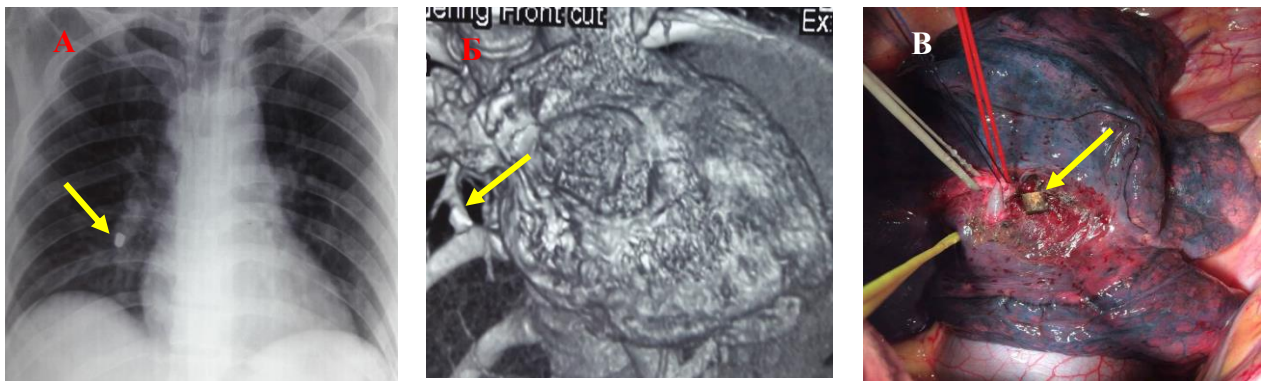


Рис. 5.18. Солдат С., 34 р. Вибухове поранення грудної клітки. Вогнепальне осколкове поранення живота з ушкодженням попереково-ободової кишки, дванадцятипалої кишки та крайовим ушкодженням нижньої порожнистої вени. Множинні осколкові поранення м'яких тканин правої кисті, обох нижніх кінцівок з вогнепальним переломом обох кісток лівої гомілки у верхній третині та правої гомілки у нижній третині зі зміщенням уламків та ушкодженням правої задньої великогомілкової артерії. Анамнез БТ. Поранення отримав внаслідок артилерійського обстрілу. Був у шоломі та бронезилеті. Візуальний контроль IV РМЗ. РГ ОГК (А). МДКТ органів грудної порожнини (Б). Інтраопераційне зображення (В). СТВП, осколок 9,5х6,5 мм, щільність 3071 од. НУ (жовта стрілка)

Як видно з рис. 5.18, поранений С., 34 р., у СПО (лапаротомія, зашивання наскрізного поранення поперекової ободової кишки, ушивання наскрізного поранення горизонтального відділу дванадцятипалої кишки, зашивання крайового ушкодження нижньої порожнистої вени, санація та дренування черевної порожнини, інтубація шлунка та кишки до зв'язки Трейтца; МОС вогнепальних переломів обох нижніх кінцівок) був етапований до НВМКЦ «ГВКГ».

Як видно з рис. 5.18, візуалізовано СТВП, металевий осколок, 9,5x6,5 мм, щільність 3071 од. НУ у просвіті середньо-дольової гілки правої легеневої артерії (жовта стрілка). Тому, враховуючи відсутність торакального поранення, анатомічну модель було розцінено як міграцію СТВП, осколка після поранення нижньої порожнистої вени з міграцією в праву середньодольову легеневу артерію.

Нами спостерігався випадок антеградної міграції осколка з грудної порожнини в кишківник у постраждалого солдата Б., 39 р., з ВП грудної клітки, з ушкодженням правої легені, грудного відділу стравоходу, перикарда та металевим осколком межистіння зліва внаслідок вогневого ураження авіаційним озброєнням (додаток А76).

Постраждалому на попередніх РМЗ було проведено дренування плевральної порожнини за Бюлау, торакотомію справа, ушивання ушкодженого стравоходу та санація, дренування плевральної порожнини. Даний візуально-балістичний приклад продемонстрував антеградний рух осколка з межистіння у черевну порожнину. На відміну від попереднього прикладу, де кульова емболія була внаслідок ретроградного потрапляння в легеневу артерію з током крові осколка, щільність кулі була 3071 од. НУ. В описаному випадку питома вага, рентгенівська щільність осколків була низькою. Так, більший осколок середостіння був розміром 15,5x13,2 мм, щільність 3000 од. НУ та менші за розмірами були 700...950 од. НУ, що забезпечило безперешкодний рух з грудної в черевну порожнину до кишківника. Постраждалому виконували динамічний

візуальний контроль на IV РМЗ із застосуванням променевих методів (рентгенологічного і томографічного) на 7-му добу після поранення та 14-ту добу лікування у НВМКЦ «ГВКГ».

Як видно з додатка А76, у постраждалого Б., 39 р., на 14-ту добу після поранення розвинулося легеневе ускладнення: абсцес легені, що діагностовано на відтермінованій рентгенограмі (червона стрілка) та відсутність візуалізації осколка в грудній порожнині. На рис. 5.19 представлені рентгенограми з осколком у проєкції ілеоцекального кута (зелена стрілка).

Можливість створення унікальної анатомічної моделі БТ із врахуванням стану постраждалого, тяжкості БУ внаслідок застосування сучасної стрілецької зброї, важкого артилерійського, авіаційного озброєння та їх поєднання, надала МДКТ як високоінформативний інструмент медичної візуалізації.

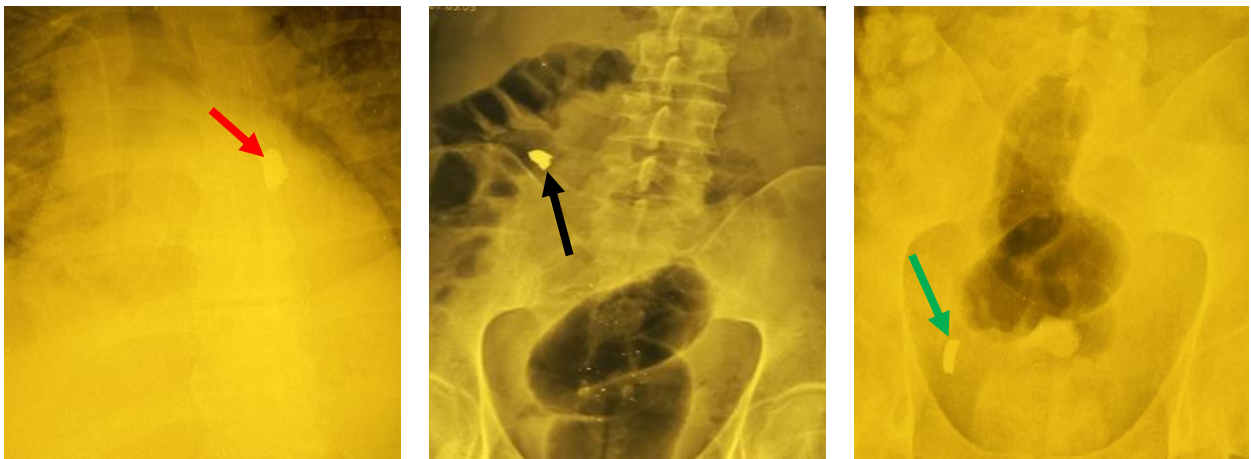


Рис. 5.19. Солдат Б., 39 р. Вогнепальне осколкове поранення задньої поверхні грудної клітки справа, що проникає в заднє межистіння з ушкодженням правої легені, грудного відділу стравоходу, перикарда, стінок правого та лівого шлуночків серця, осколки в стінках обох шлуночків. Осколки правої легені, межистіння зліва. Правобічний гемопневмоторакс. СПО. Дренування правої плевральної порожнини за Бюлау. Торакотомія справа. Ушивання ушкодження стравоходу, санація, дренування плевральної порожнини. Візуальний контроль IV РМЗ. РГ ОГК (невідкладна, при поступленні, 7 доба після поранення). Розширення тіні серця за рахунок всіх відділів. СТВП, осколок на рівні Th6 20x10 мм (червона стрілка). РГ ОЧП (контрольна, 14 доба після поранення). СТВП, осколок в дистальному відділі сигмоподібної кишки. РГ ОЧП (динамічна, 15 доба після поранення). СТВП, осколок в проєкції ілеоцекального кута (чорна, зелена стрілки)

Візуальне оцінювання анатомічних моделей бойових ушкоджень було досягнуто шляхом застосування балістичної та небалістичної волюмометрії для прогнозу виживання у сучасній війні. Тому в II основній та I групах звернулися до порівняльного розподілу за типом бойової травми (невогнепальна травма, вогнепальне поранення (кульове, осколкове), вибухове поранення, вибухова травма) та проаналізували візуальні ознаки параметрів балістичної та небалістичної волюмометрії у постраждалих із бойовою травмою різної локалізації (табл. 5.3). Як видно з табл. 5.3, статистичної переваги в показниках балістичної та небалістичної волюмометрії залежно від типу бойової травми у постраждалих не спостерігали ($p=0,562$ та $p=0,078$ відповідно до об'єму ранового каналу, ділянок БУ та анатомічної структури або ушкодженої АФЗ).

Таблиця 5.3

Балістична, небалістична волюмометрія

Волюмометричний показник, см ³	Тип БТ/кількість БУ, n=283				p
	невогнепальна травма, n=20	вогнП, n=95	ВП, n=90	ВТ, n=78	
Об'єм РК, ділянок БУ, розтрощення тканин	118,3 (39,5–221,05)	158,3 (84,6–308)	184,5 (64,6–398,7)	141,25 (56,8–443,6)	0,562
Об'єм анатомічної ураженої структури або АФЗ	2134 (362–2139)	1827,5 (956,9–2432)	2091,75 (1305–2973,6)	1949,5 (1342–2492)	0,078

Примітка. Указано медіану (Me) та міжквартильний інтервал (Q_I-Q_{III}). Порівняння проводилося за критерієм Крускала-Уолліса.

Тому візуально-балістична оцінка бойової травми у постраждалих із БУ різної локалізації, незалежно від ураження вогнепальною зброєю або ушкодження внаслідок невогнепальної травми, проводилася шляхом застосування променевого методу – МДКТ. Застосування балістичної та небалістичної волюмометрії у постраждалих із БУ різної локалізації доповнило об'єктивну клінічну оцінку важкості травми, стану.

В узагальненому досвіді балістичної волюмометрії для клінічного значення встановлено, що найменший об'єм РК ($V \leq 1,2 \text{ см}^3$) та вітальний прогностичний індекс ($j \leq 3,5 \%$) були у постраждалих внаслідок поранення стрілоподібними елементами (флашетами) (сліпі РК у 51,9 % (81 постраждалий) та множинні РК у 44,9 % (70 постраждалих), що можна пояснити низькою швидкістю елемента, малою масою, його формою. Ранові канали легень були невеликими, об'єм 2,5–2,6 см^3 , що пояснюється еластичністю паренхіми. МКДТ дозволила створювати анатомічні моделі та проводити динамічну волюмометрію ранових каналів, ділянок бойових ушкоджень різних локалізацій.

5.4. Прикінцеві положення до розділу 5

Після узагальнення застосування МВБТ для вивчення РК, БУ різних АФЗ шляхом балістичної та небалістичної волюмометрії, визначено значущість прогностичного вітального індексу ($j \%$) у прогнозуванні можливого летального результату лікування у постраждалих із БТ у сучасній війні. Тому клінічно та візуально було проаналізовано томографічні зображення РК та ділянок БУ АФЗ різної локалізації у 134 постраждалих із БТ. Розраховано прогностичний вітальний індекс ($j \%$), що був відсотковим співвідношенням волюмометрії РК (довжина, мм; ширина, мм; товщина, мм, $V \text{ см}^3$) до ушкодженої АФЗ тіла постраждалого (розміри у томографічному зображенні ККР, ПЗР, СР в мм; $V \text{ см}^3$). Проведено статистичне оцінювання відносного ризику летального результату (RR) залежно від $j \%$ та показника етіологічної частки відносного ризику (EF). Результати обчислень були підтверджені за допомогою статистичного аналізу: за точним критерієм Фішера (F^{exc}) та кореляційним аналізом. Розраховано тетрагорічний коефіцієнт асоціації (r_a) між $j \%$ та результатом лікування. Статистичний аналіз проводився в пакеті EZR v. 1.64 (graphical user interface for R statistical software version 4.3.1, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) [312]. Для клінічної оцінки об'єктивізації важкості травми, стану та ризику летального результату у постраждалих із поєднаною, множинною БТ, вогнепальними осколковими, кульовими

пораненнями, невогнепальною травмою розраховано індекс j (%). В масиві досліджених із 134 постраждалих в процесі лікування померло 26 осіб ($19,4 \pm 6,8$) %, а вижило – 108 осіб ($80,6 \pm 6,8$) %. Виявлено, що в групі померлих у 7 осіб ($26,9 \pm 17,8$) % показник був j (%) > 40 %, у решти j (%) < 40 %. Причому, серед вказаних 7 осіб абсолютна більшість постраждалих (5 осіб) були із пораненнями голови. У групі тих, що вижили в післяопераційному періоді, був показник j (%) < 40 %. В процесі аналізу встановлено, що показник j (%) вплинув на результат лікування $p_{\alpha}(F^{\text{exc}}) < 0,00004$, а асоціація між цими показниками була дуже сильною $r_{\alpha} = 0,98$. При цьому, $RR = 16,8$ [8,0; 33,8], що відповідало $EF = [81; 100]$ %.

Візуально-балістичні результати дозволяють стверджувати, що прогностичний вітальний індекс j (%) виявився дискримінуючим показником, за допомогою якого з високою ймовірністю прогнозували успішність хірургічного лікування у постраждалих із БТ. Тобто, за умови, що прогностичний вітальний індекс менше 40 %, можна з ймовірністю більше 80 % прогнозувати позитивний результат хірургічного лікування БТ. І тільки при пораненнях голови за тих самих умов можливий летальний результат [50, 276].

Матеріали розділу відображені в наступних наукових публікаціях [32, 50, 70, 97, 179, 180, 202, 276]:

1. **Гречаник О. І.**, Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Цвігун Г. В. Медична візуалізація бойової травми у сучасній війні. Радіологія в Україні 2023 : тези 9-го Націон. конгресу з міжнар. участю. Асоціація радіологів України (м. Київ, 19–21 жовт. 2023 р.). С. 2–3.

2. Дикан І. М., Хоменко І. П., **Гречаник О. І.**, Бубнов Р. В., Колесник С. В. Досвід променевої візуалізації ранового каналу. Проблеми військової охорони здоров'я : зб. наук. праць УВМА. Київ, 2017. Вип. 48. С. 120–132.

3. **Гречаник О. І.** Медична візуалізація порожнинних випотів у постраждалих з бойовою травмою грудної клітки, живота, таза. Сучасні

аспекти військової медицини : зб. наук. праць. Київ, 2023. Вип. 30, ч. 1. С. 49–64.
doi: 10.3275/2310-4910-2023-30-1-04.

4 Abdullaiev R. Ya, **Grechanyk E. I.**, Kulikova F. I., Cherednichenko N. A., Demin Yu. A., Golyanischev M. A. Ultrasonic Tissue Characterization of Damage of the Lower Extremities in Gunshot Wounds. *EC Orthopaedics*. 2018. Vol. 9, № 8. P. 610–618.

5. Abdullayev R. Ya., **Grechanyk O. I.**, Lurin I. A., Gumeniuk K. V., Posokhov M. F. and Slesarenko D. A. Duplex ultrasound evaluation of vascular injuries in combat trauma of the neck. *J. of Dis. Dis. & Tre.* 2022. Vol. 2 № 2. P. 1–5.
doi.org/10.47363/JDDT/2022(2)108.

7. Моделювання вогнепальних поранень : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Харків : Вид-во, 2022. – 322 с.

8. Bubnov R., **Hrechanyk O.** Urethral Scar Tissue and Compromised Integrity: A Case Report of Urinary Consequences Following Gunshot Wound to the Pelvic Area. *15th European Multidisciplinary Congress on Urological Cancers (EMUC23)* : abstr. Marseille, France, November 2–5, 2023.

9. **Grechanyk O.**, Abdullaev R., Dykan I., Bubnov R., Yarosh T., Holub V. Medical visualization of wound channels of different localizations in patients with combat trauma. *11th Annual Military Surgical Symposium* : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSS14.

РОЗДІЛ 6

ОРГАНІЗАЦІЯ, ЗМІСТ, РОЛЬ МЕДИЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НА ВІЙНІ

6.1. Загальні положення з організації та значення медичної візуалізації бойової травми у сучасній війні

Затяжний воєнний конфлікт на сході України, який переріс у повномасштабну війну, змусив військових хірургів, травматологів переглянути роль, місце та значення медичної візуалізації в алгоритмі надання допомоги постраждалим із БТ у сучасній війні. Настановою з медичного забезпечення ЗС України на особливий період остаточно затверджено рівневу систему медичного забезпечення з урахуванням доктринальних документів ЗС членів НАТО [24, 27, 61, 72, 73, 93, 95, 100, 161]. Військово-медична служба України протягом 10 років набувала практичного досвіду медичного забезпечення військ (сил) у бойових умовах, без попереднього бойового досвіду, в умовах дефіциту часу і ресурсів [17, 24]. У Командуванні Медичних сил за участі УВМА, опрацьовано Принципи і політику медичного забезпечення Сил оборони. Ці документи, як військові керівні публікації, підготовлено відповідно до медичного забезпечення (МС 0326/4) та Спільної доктрини НАТО (АJP-4.10 (С) [100, 116, 161, 182, 368, 369]. Тому у створеній системі етапного лікування, паралельно із застосованими поняттями: етапи надання та види (первинна, вторинна, остаточно медична допомога), вписалася система медичної візуалізації, яку умовао можна представити наступним чином: 1) оперативний (передовий, мобільний) етап, що проводився на театрі бойових дій, часто в польових умовах пораненим, травмованим, починаючи з II РМЗ спроможності надання кваліфікованої з деякими елементами спеціалізованої допомоги. Постраждалим надавалася кваліфікована, з елементами спеціалізованої хірургічна допомога у складі ПХГ, у ВМГ із застосуванням променевих методів (рентгенологічної та ультразвукової діагностики). У стабпунктах виконували УЗД за FAST-протоколом, тривалістю від 2 до 10 хв.

Авіаудари та застосування КАР/КАБ, потужної реактивної артилерії спричинили поєднані та множинні поранення з домінуючим компонентом ураження різних органів, у тому числі центральної нервової системи, що обумовило труднощі в організації нейрохірургічної допомоги. Саме тому важливого значення набула своєчасна діагностична допомога при вогнепальних черепно-мозкових та хребетно-спинномозкових пораненнях, травмах, яка полягала у ранньому томографічному дослідженні при наданні спеціалізованої нейрохірургічної допомоги та в подальшому на ЕМЕ для попередження інфекційних та неінфекційних ускладнень [25, 49, 51, 53, 55, 64, 65, 67].

Так, у випадках нейрохірургічної БТ та при деяких інших станах діагностика проводилася у ЦРЛ прифронтових зон та ОКЛ із застосуванням МДКТ без контрастування. Проведення МДКТ у цивільних лікарнях прифронтових зон мало важливе значення у діагностиці нейрохірургічної ізольованої або поєднаної БТ.

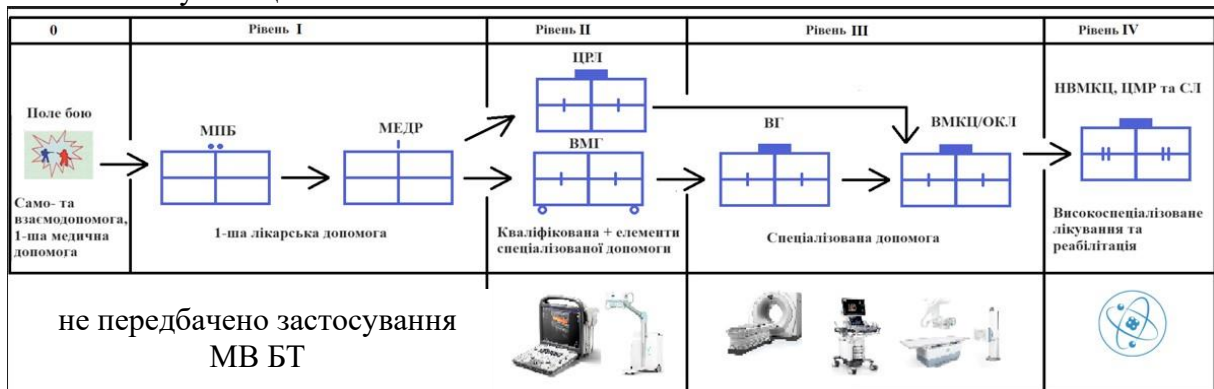
2) стаціонарний (тиловий) етап передбачав надання діагностичної допомоги в стаціонарних умовах на III, IV РМЗ, спроможності надання кваліфікованої, спеціалізованої (III РМЗ) та високоспеціалізованої допомоги, медичної реабілітації (IV РМЗ). На III, IV РМЗ проводилося госпітальне лікування поранених, травмованих із БТ і надавалася спеціалізована та високоспеціалізована хірургічна допомога із застосуванням променевих та інших радіологічних методів медичної візуалізації (ультразвукова та рентгенологічна діагностика, МДКТ з та без контрастування, МРТ, РАГ, радіонуклідна діагностика, інші променеві методи) для надання вичерпної діагностичної допомоги постраждалим із БТ у сучасній війні [30, 38, 58, 64, 65, 67, 93, 101, 274, 298].

Принципова сучасна схема системи етапного лікування, яка діє в ООС з 2018 року, затверджена Настановою з медичного забезпечення Збройних Сил України на особливий період (Наказ Генерального штабу Збройних Сил України від 11.02.2019 р. № 60) [93]. Організаційно-діагностична схема МВБТ, яка діє на РМЗ, представлена на рис. 6.1 [101].

Мобільні сили та засоби для надання медичної допомоги під час евакуації без застосування медичної візуалізації

Мобільні сили та засоби для надання медичної допомоги під час евакуації

Стаціонарні сили та засоби для надання медичної допомоги під час евакуації



ПХГ – передова хірургічна група, стабпункт, МГ – мобільний госпіталь

Догоспітальна допомога

Госпітальне лікування

Рис. 6.1. Організаційно-діагностична схема медичної візуалізації БТ у сучасній війні. II РМЗ – застосовується УЗД, РГ, у деяких випадках МДКТ без контрастування. III РМЗ застосовувалося УЗД, РГ, МДКТ без контрастування, МРТ, РАГ; IV РМЗ застосовувалося УЗД, РД, МДКТ з/без контрастування, МРТ, РАГ, радіонуклідна діагностика, інші методи діагностики

Як видно з рис. 6.1 променеві методи інтегровані у комплексне застосування щодо спроможності медичного забезпечення військ (сил) з надання допомоги та евакуації поранених, уражених, травмованих і хворих військовослужбовців та цивільного населення зони ведення бойових дій.

З кожним вищим рівнем удосконалювалася, підсилювалася та ускладнювалася діагностична допомога, що свідчило про розширені спроможності рівнів. Також, починаючи з II РМЗ та вищих рівнів, мобільні та стаціонарні сили для надання допомоги передбачали наявність лікарів-спеціалістів, у тому числі рентгенологів і підготовлених хірургів, травматологів та інших фахівців зі знанням невідкладної УЗД за FAST-протоколом та засобів для надання діагностичної допомоги відповідно до медико-технічного оснащення рівнів. З урахуванням впровадження у ЗС України стандартів НАТО, медичне забезпечення військ здійснюється в рамках чотирьох РМЗ, які передбачають певний перелік ЛЕЗ, що проводиться з урахуванням встановлених часових нормативів [17, 93, 145, 150, 157, 159]. Сучасні засоби вогневого

ураження, що застосовуються противником, наявність чи відсутність захисних шоломів, бронежилетів, інших обладунків, крім клінічного діагнозу, також передбачили показання до візуалізації, візуального контролю БТ та ускладнень. Тому основною умовою було неперевищення встановлених термінів часових нормативів, починаючи із «золотої години» [10, 15, 17, 24, 34, 36]. Передовий, або мобільний етап променевої діагностики, передбачав застосування невідкладної рентгенографії, ультрасонографії, безконтрастної МДКТ у поранених, травмованих залежно від тяжкості травми, стану відповідно до клінічного діагнозу та медико-технічного оснащення РМЗ. Тиловий, або стаціонарний етап медичної візуалізації та візуального контролю перебігу післяопераційного періоду, візуалізації ускладнень досягався застосуванням цифрової рентгенографії, рентгеноскопії із використанням штучних рентгеноконтрастних засобів для динамічного спостереження за перебігом ранового або травматичного процесу. Ультразвуковий метод на етапі госпітальної допомоги та госпітального лікування застосовувався з екстреною, сортувальною, діагностичною та експертною метою, а у післяопераційному періоді – без ризику відтермінування хірургічного втручання або одночасно з невідкладними, реанімаційними заходами, інтервенційними втручаннями. Високомодальні діагностичні методи призначалися за чітко визначеними показаннями на IV РМЗ (ЕМЕ), що включали МДКТ з контрастуванням, МРТ з контрастуванням, РАГ, інші радіологічні методи діагностики та лікування.

6.2. Загальні положення з організації та змісту рентгенологічної діагностики на війні

Рентгенологічна діагностика на війні спрямована на діагностичну допомогу у виявленні ознак бойових ушкоджень різної локалізації, СТВП (куль, осколків, фрагментів боеприпасів) та СТНВП (кісткові уламки, медичного призначення, іншої природи), поранень, травм, їх ускладнень, невідкладної діагностики критичних станів, підготовки перед оперативним втручанням, контролю післяопераційних ускладнень, соматичних захворювань чи з інших

причин. Включала: 1) невідкладну рентгенологічну діагностику при критичних станах, пораненнях, травмах; 2) термінову або відтерміновану рентгенологічну діагностику для динамічного діагностичного променевого супроводу, деталізації характеру ушкоджень, попередньої візуально-балістичної оцінки СТВП та СТНВП, під час встановлення показань до оперативного втручання, відразу після хірургічних операцій або у процесі їх виконання із застосуванням рентгеноконтрастних засобів; 3) вторинну рентгенологічну діагностику (контрольну або динамічну) для інтенсивного спостереження (моніторингу) діагностованих ушкоджень, перебігу репаративних процесів, а також діагностику ускладнень органів і систем, які часто розвиваються при тяжких пораненнях голови, грудей, живота, таза, опорно-рухової системи; 4) рентгенологічну діагностику, що застосовувалася у комплексі з іншими методами променевої діагностики у клінічній радіології (малоінвазивні хірургічні, ендovasкулярні втручання).

Протипоказаннями до проведення променевих досліджень були несумісні з життям бойові ушкодження, розлади життєвоважливих функцій (клінічна смерть), неспинна кровотеча, рухове збудження, яке не усувалося фармакологічними засобами. РГ проводилася в наступних діагностичних термінах: 1) в екстреному порядку за життєвими показаннями в будь-який час доби у короткий термін, але не пізніше першої години після надходження у лікувальний заклад, паралельно з реанімаційними заходами, або в супроводі лікарів фахівців; 2) термінові, відтерміновані рентгенологічні дослідження для запобігання тяжких ускладнень в післяопераційному періоді (до 2–4 год після надходження у медичний заклад III–IV РМЗ), а також з метою підготовки в передопераційному періоді, але не пізніше доби за умови профілактики розвитку тяжких ускладнень; 3) пролонговані (контрольні) рентгенологічні дослідження без контрастування або із застосуванням штучних рентгеноконтрастних засобів при інтенсивному динамічному спостереженні (моніторингу), контролі наслідків поранень, травм, оперативних втручань, у будь-який час доби без обмеження часового терміну за призначенням та у присутності лікуючого лікаря на III–

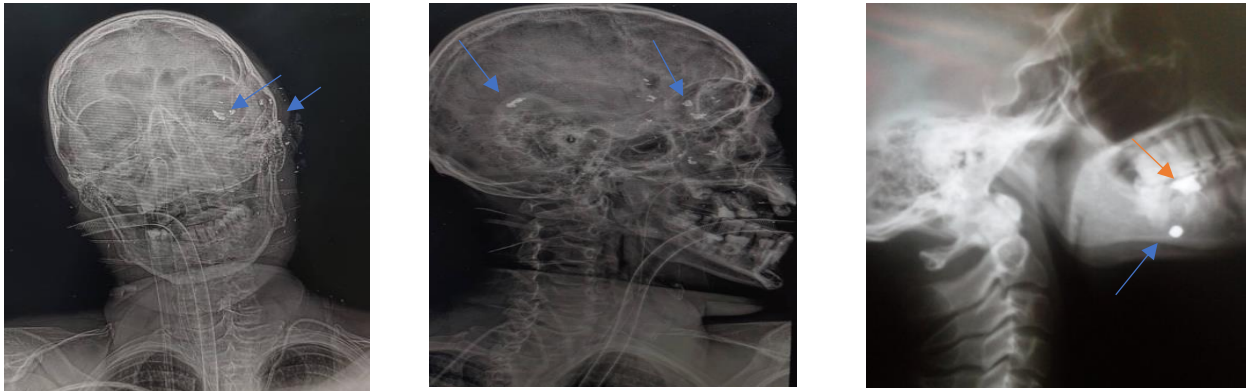
IV РМЗ; 4) додаткові в комплексі з іншими методами променевої діагностики та терапії відповідно до медико-технічного оснащення РМЗ.

Рентгенологічні дослідження важкопоранених в екстреному порядку, термінові, відтерміновані виконувалися в «щадному» режимі, без додаткової травматизації. Порядок взаємодії персоналу (оператора комплексу) з пацієнтом визначався клінічною ситуацією. Вимоги щодо радіаційної безпеки відповідали радіаційним нормам [102, 119, 125, 152]. Методики зі штучним контрастуванням застосовувалися для рентгенівських досліджень при пораненнях, травмах органів грудної, черевної порожнин, заочеревинного простору, серцево-судинної, опорно-рухової та сечовидільної систем. В умовах штучного контрастування проводилися рентгенологічні дослідження шлунково-кишкового тракту з введенням в порожнини ранових каналів йодовмісних препаратів. В окремих випадках застосовували водну суспензію сульфату барію (*per os*). Дослідження сечовидільної, жовчовидільної систем, інших ушкоджених органів, систем здійснювали парентерально або ретроградним введенням водорозчинних йодовмісних рентгеноконтрастних речовин (урографін, ультравіст, візіпак, томогексол та ін.). Рентгенологічні дослідження в польових умовах часто призначалися без чіткого уявлення та знання про домінуюче бойове ушкодження. Проте така первинна променева діагностика націлювала хірурга або фахівця з травми на діагностику ушкоджень голови, шиї, органів грудної та/чи черевної порожнин, таза, кістково-суглобової системи [48, 160].

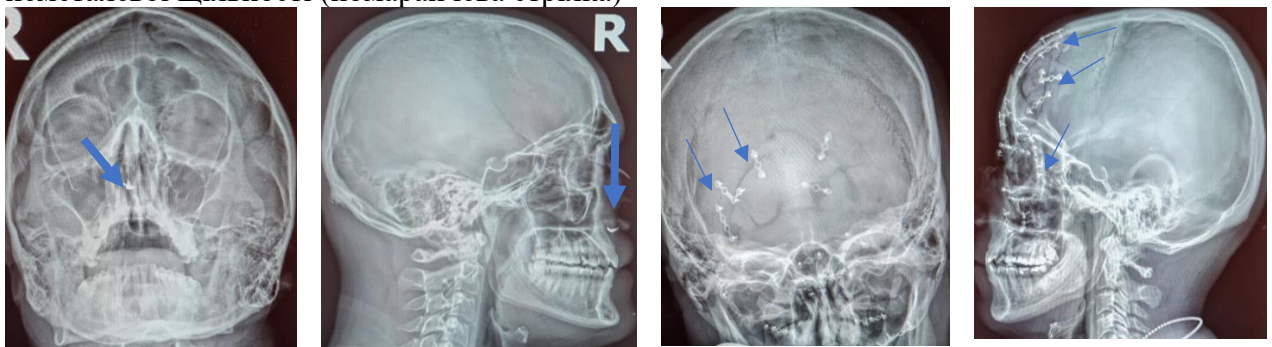
6.3. Рентгенологічна діагностика БУ черепа і головного мозку

Рентгенологічне дослідження першочергово проводили при проникних черепно-мозкових пораненнях, із ознаками внутрішньочерепної кровотечі та стиснення головного мозку (обмежено). Протипоказаннями були: несумісні з життям травми, вкрай тяжкий стан постраждалого, виражене психомоторне збудження, судоми, профузна кровотеча, підвищення внутрішньочерепного тиску, що пов'язано з крововиливом в порожнину черепа, прогресуючий набряк головного мозку, що потребував термінового оперативного втручання.

Рентгенологічні дослідження у постраждалих проводили із скануванням голови, шиї та частково ділянки верхнього плечового пояса. Візуалізацію та контроль БУ черепа з оцінкою результатів нейрохірургічного лікування, фіксацією дефектів кісток лицевого та мозкового черепа у постраждалих із вибуховою травмою, осколковим сліпим пораненням лицевого черепа (осколок у порожнині носа) представлено на рентгенограмах черепа в прямій та бічній проєкціях (рис. 6.2).



Цифрові рентгенограми постраждалих із БТ голови. СТВП металевої (голуба стрілка) та неметалевої щільності (помаранчева стрілка)



Металевий осколок у порожнині носа

Фіксатори дефекту лицевого черепа

Рис. 6.2. Краніограми постраждалих із БТ голови

Рентгенографію черепа в бічній проєкції виконували без переміщення голови пораненого. Застосовували фіксатори голови, валики, інші предмети медичного призначення. Рентгеноскопія черепа (мозкового, лицевого, або мозкового та лицевого) виконувалася у двох взаємно перпендикулярних площинах (прямій та бічній). Для рентгеноскопічної навігації мітки закріплювали в зоні передбаченого перелому. З метою визначення положення СТВП та СТНВП у скроневої або підскроневої ямці, дослідження проводили під час жування (функціональна проба для притомних постраждалих). Рентгенограми нижньої щелепи виконували в прямій і двох бічних проєкціях

(правій і лівій). Алгоритм рентгенологічної діагностики БТ голови (БУ черепа і головного мозку) подано у додатку А77.

6.4. Рентгенологічна діагностика БУ хребта і спинного мозку

Рентгенологічні дослідження у постраждалих із БУ хребта і спинного мозку були проведені при вибуховому пораненні, травмі, невогнепальній травмі (переломи, вивихи, інші ушкодження), з вогнепальними ранами в проєкції хребта та наявності неврологічної симптоматики у постраждалих. В першу чергу рентгенологічне дослідження проводили постраждалим із ознаками стиснення спинного мозку, які потребували невідкладної хірургічної допомоги, термінової евакуації.

Клінічний приклад медичної візуалізації БТ на II РМЗ. Солдат С., 38 р., самозвернення. Більше 10 днів його турбував біль у поперековій ділянці. Був оглянутий лікарем УЗД Слесаренком Д.О. (ехографічних змін нирок та органів малого таза не було виявлено) та лікарем рентгенологом Гречаником М.І. Було візуалізовано флашет, стрілородібний елемент паравертебральної локалізації та діагностовано лінійний перелом тіла L4. З анамнезу відомо, що солдат знаходився на бойовій позиції у захисному шоломі та бронежилеті, потрапив під ворожий ракетний обстріл. Як отримав поранення не пам'ятав, тому звернувся за допомогою через 10 днів. Рентгенограма у постраждалого із БТ хребта (рис. 6.3).

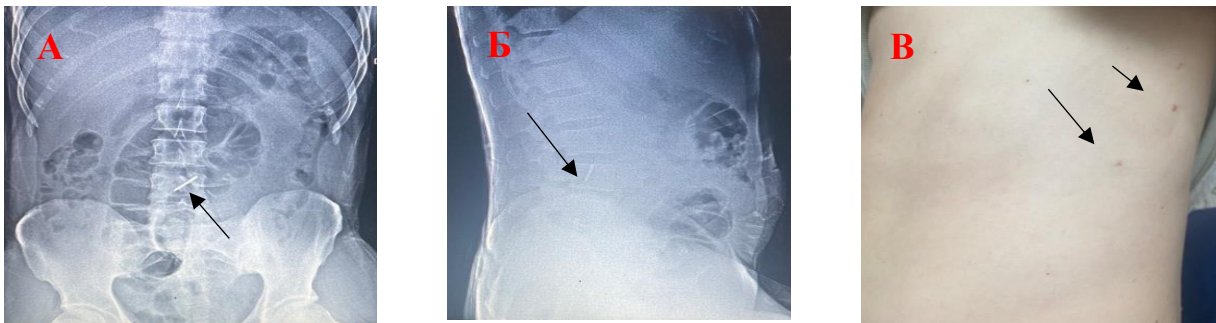


Рис. 6.3. Солдат С., 38 р. Самозвернення, біль у поперековій ділянці. Оглядова рентгенограма черевної порожнини, таза. Стороннє тіло флашета поперекової ділянки (стрілка). Лінійний перелом тіла L4 (за даними МДКТ): А. – пряма проєкція. Б. – бічна проєкція. В. – вхідні отвори вогнепальної рани

Діагностичний алгоритм рентгенологічної діагностики у постраждалого С., 38 р., залежав від характеру БТ (в даному випадку – сліпе поранення, відсутність інформації про домінуюче БУ) та локалізації, клінічних проявів, бойового анамнезу, який мав значення для визначення об'єму діагностичного пошуку, зони сканування та прогнозу передбаченого діагностичного результату.

У польових умовах та за обмеженого діагностичного часу рентгенологічні дослідження у постраждалих із БТ хребта, спинного мозку передбачали сканування АФЗ (шийної, грудної, поперекової, тазової локалізації) при оглядовому рентгенологічному дослідженні органів черевної порожнини, таза, інших локалізацій.

Постраждалим дослідження виконували у горизонтальному положенні в двох взаємно перпендикулярних проєкціях, у «щадному» режимі: постраждалих перекладали на проєкційний стіл разом зі щитом. Рентгенівські знімки в бічній проєкції проводили не змінюючи положення тіла, використовували переміщення рентгенівської трубки або мультифункціонального стола (поліпозиційно, поліпроєкційно). Рентгенограми оцінювали відповідно до відділу сканування оглядово або поліпроєкційно. Прицільну рентгенографію використовували для всіх відділів хребта, з метою уточнення характеру змін, встановлених при оглядовій рентгенографії. Рентгеноскопію виконували при задовільному стані пораненого, травмованого для уточнення локалізації СТВП та СТНВП (інтраканально, паравертебрально, поєднано, або за незрозумілої локалізації). У післяопераційному періоді проводили візуальний контроль хірургічного лікування анатомічного взаємовідношення хребців у разі БТ хребта (рис. 6.4). Як видно з рис. 6.4, кістково-зв'язковий апарат, що має значну міцність і велику рухливість, особливо у шийному чи поперековому відділах, фіксували за допомогою спеціальних пластин металевої щільності, різної конструкції для збереження еластичності хребта та щоб уникнути зміщення фіксованих хребців.

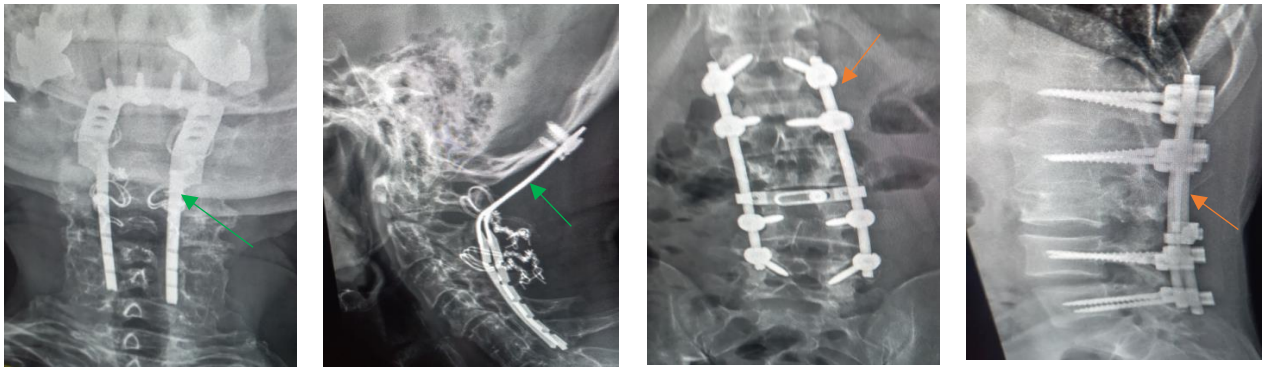


Рис. 6.4. Рентгенограми візуального контролю остеосинтезу при переломах хребців. Одномоментне вправлення за допомогою тяги і протитяги по довжині хребта з одночасним тиском на виступаючий хребець при БТ шийного відділу хребта (зелена стрілка). Задній спондилодез металевими пластинами при БТ поперекового відділу хребта (помаранчева стрілка)

Золотим стандартом променевої діагностики БУ хребта, спинного мозку була МРТ. Застосування МРТ обмежувалося у разі наявності в тілі пораненого або травмованого куль, осколків, фрагментів боєприпасів та металевих тіл медичного призначення. Алгоритм рентгенологічної діагностики у постраждалих із домінуючим БУ хребта, спинного мозку представлено в додатку А77.

6.5. Рентгенологічна діагностика БУ грудної клітки

Рентгенологічну діагностику проводили у постраждалих із ушкодженням грудної клітки, середостіння на мобільному та стаціонарному етапах. Показаннями були: всі види БУ грудей (передня або задня частина тулуба від шиї до живота або спини, кістково-реберний каркас грудної клітки та органи грудної порожнини, середостіння, торакоабдомінальна бойова травма, поєднані, множинні поранення, невідкладні стани, загострення соматичних захворювань), (додаток А78). В першу чергу рентгенологічну діагностику проводили пораненим, травмованим, які потребували невідкладної хірургічної допомоги та інтенсивної терапії (пневмо/гемоторакс, напружений пневмоторакс, гідроторакс, пневмо/гідроперикардіум, гемоперикардіум, пневмомедіастинум, набряк легень, синдром кардіопульмональних розладів, тампонада серця, травматична асфіксія, інші невідкладні критичні стани). В першу чергу звертали увагу на гострі

невідкладні стани у постраждалих, які виникали внаслідок БТ, через загострення соматичних захворювання або ускладнень (додатки А78, А79), особливо після вибухової травми, ЗБТ легені, ВТЛ, що представлено в додатку А79. Важливе сортувальне та діагностичне значення мала первинна рентгенологічна діагностика ВТЛ та ідентифікація СТВП та СТНВП, з визначенням подальшої лікувально-діагностичної тактики (додаток А79). Візуалізація в прямій та бічній проєкціях дозволила визначити локалізацію СТВП, СТНВП, а також їх відношення до легень інших анатомічних структур, особливо у випадку пробиття бронепластини. Візуальні рентгенологічні ознаки ВТЛ, або травми у бронезилеті, заброневої травми: 1) підшкірна, міжм'язова емфізема, (одно/двостороння); 2) пульмонічна інфільтрація (одно/двостороння); 3) переломи ребер; 4) пневмоторакс; 5) зміщення органів середостіння; 6) забій серця (додаток А78).

Рентгенологічне дослідження у постраждалих із БТ грудної клітки розпочинали з оглядової рентгенографії у двох взаємно перпендикулярних проєкціях (прямій, бічній). Дослідження проводили залежно від стану пораненого у вертикальному (стоячи, сидячи) або горизонтальному, лежачи на спині положеннях (напівгоризонтальному, напіввертикальному). Для військових хірургів первинна візуально-балістична характеристика боєприпаса мала важливе не тільки лікувально-діагностичне значення, а й термінально-балістичне – для вибору хірургічної тактики та залучення піротехніків, саперів (додаток А79). Як подано в додатку А79, постраждалий був у бронезилеті, що захищав його груди, спину, крім шиї та боків. У даному випадку потрапляння фрагмента боєприпаса (корпусу бойового заряду) було через ключицю. На рентгенограмі пораненого у грудну клітку фрагмент боєприпаса, який був без вибухівки та осколочної «сорочки», що не склало небезпеку для хірурга та пораненого.

Інший візуально-балістичний приклад продемонстрував значення РГ в передопераційній підготовці у постраждалого з вибуховим пораненням верхньої кінцівки. Так, при дообстеженні лікарями одного з ВМГ, у тілі пораненого воїна було виявлено СТВП, контури якого нагадували хвостовик

міни (додаток А79). Тому було викликано бригаду саперів, які після дослідження вибухонебезпечного об'єкта засвідчили, що стороннє тіло можна видалити безпечно. Для невідкладної променевої діагностики вогнепального поранення верхньої кінцівки застосували рентгенологічний метод, що дозволив чітко визначити локалізацію, контури, форму, розміри боєприпаса та описати його балістичні характеристики. Тому рентгенологічні зображення фрагментів боєприпасів осколкової дії в тілі постраждалих мали важливе термінально-балістичне та медичне значення (велика маса, низька швидкість).

Важкопоранених обстежували на ношах або каталці, не перекладаючи на стіл апарата. Діагностичний приклад обстеження лежачи постраждалого з невогнепальною БТ (політравма, внаслідок ДТП) на IV РМЗ представлено у додатку А79. На IV РМЗ проводився візуальний контроль постраждалого з метою динамічного променевого спостереження наслідків політравми для визначення подальшої лікувальної тактики (респіраторної терапії).

Постраждалим рентгенографія у прямій та (або) інших проєкціях проводилася для виявлення пневмо/гемотораксу, гідротораксу, ушкодження легень, серця, кістково-реберного каркаса, для встановлення локалізації сторонніх тіл (інтраторакальної, екстраторакальної, поєднаної, незрозумілої локалізації), а груднини – виключно у бічній проєкції. Для чіткої візуалізації задніх відділів легень постраждалим підкладали під лопатки валик товщиною до 10 см. З метою виключення поєднаних торакоабдомінальних ушкоджень, проводили оглядову рентгенографію живота в прямій проєкції в положенні пораненого на спині та в латеропозиції на лівому боці. При задовільному стані постраждалого дослідження розпочинали з поліпозиційного обстеження грудної клітки, живота, у процесі якого проводили оглядову та прицільну цифрову рентгенографію під час різних актів дихання. Рентгеноконтрастні дослідження виконували в умовах стаціонару постраждалим із БТ різної локалізації в присутності лікуючого лікаря. Контрастні дослідження (фістулографії) плевральних порожнин проводили з метою визначення розмірів сформованих нориць при проникних пораненнях однієї або декількох порожнин тіла, у тому

числі при пораненні органів шиї. При торакоабдомінальних пораненнях, травмах проводили рентгеноконтрастні дослідження як органів грудної клітки так і черевної порожнини з метою виявлення ушкоджень діафрагми, ділянки кардіо-стравохідного переходу. Дослідження виконували при підозрі на БУ порожнистого органа, пролабування органів черевної порожнини в грудну (плевральну) порожнину, а також із метою виявлення супутньої патології – діафрагмальних кил, кил стравохідного отвору діафрагми, парезу діафрагмальних нервів. Необхідним було встановлення локалізації СТВП (куль, металевих осколків) та СТНВП (кісткових уламків), що додатково викликало травматизацію оточуючих тканин – плеври, легень, серця та створювало умови для виникнення ускладнень (плевропульмонального шоку, гнійно-деструктивних процесів у м'яких тканинах, утворення абсцесів легень, емпієми плеври, бронхіальних норниць та інших), (додаток А76). У післяопераційному періоді у постраждалих рентгенологічним методом діагностували легеневі ускладнення та проводили контроль виконання хірургічних, медичних втручань (лікувально-діагностичні пункції, встановлення дренажів, трахеостомічної трубки (додатки А79, А80).

6.6. Рентгенологічна діагностика БУ живота, таза

Рентгенологічну діагностику проводили усім пораненим, травмованим у живіт, таз, дотримувалися DCS. Показаннями були: БУ живота, таза, грудей (торакоабдомінальна БТ), при яких клінічні ознаки не дозволяли визначити їх характер (проникні, непроникні); для диференційної діагностики ізольованих, поєднаних поранень, травм органів грудної, черевної порожнини, заочеревинного простору, малого таза (додаток А80). В першу чергу обстежувалися поранені, травмовані, які потребували невідкладного оперативного втручання. Протипоказаннями були: наявність несумісних із життям ушкоджень, вкрай тяжкий стан пораненого, травмованого, профузна кровотеча.

Рентгенографічна діагностика на II, III РМЗ починалася з оглядової рентгенографії живота, грудей, таза, а на IV РМЗ – із застосування штучних рентгеноконтрастних засобів для контролю та визначення головних маркерів БУ газу, вільної рідини, затікання контрастної речовини в порожнини та візуалізацію післяопераційних ускладнень (додаток А81). Обстеження проводилося залежно від загального стану постраждалого: в положенні стоячи, сидячи, або на лівому боці, але загалом на спині. При дослідженні стоячи звертали увагу на наявність вільного газу під куполом діафрагми. Проте вибирали оптимальне положення на лівому боці (латерографію). Вільна рідина в черевній порожнині виявлялася у вигляді пристінкових стрічкоподібних тіней в латеральних каналах та розширених міжпетлевих проміжках, особливо на фоні пневматозу кишківника. На оглядовій рентгенограмі заочеревинна гематома виглядала як дифузна тінь, що накладалася на здухвинно-поперековий м'яз. При ушкодженні порожнистого органа (шлунка, дванадцятипалої кишки, інших органів) газ та кишковий вміст потрапляв у черевну порожнину, визначалася ознака пневмоперитонеума, скупчення вільної рідини в латеральних каналах, між петлями кишок, було обмеження рухливості куполів діафрагми (додаток А81).

Візуальний променевиш пошук головних маркерів БУ (газу, рідини) здійснювався на всіх РМЗ. Поєднання ушкоджень двох та більше порожнин тіла потребувало променевої діагностики із застосуванням рентгенологічного методу при надходженні постраждалого в першу добу після БТ, а також у подальшому діагностичному супроводі (додаток А81). Оцінка результатів відтермінованої оглядової рентгенографії у постраждалих із БТ (політравмою) була утруднена у зв'язку з обмеженням зон візуалізації, технічними труднощами, важким станом постраждалого, при пневматизації кишківника, а також при наростаючій підшкірній або міжм'язовій емфіземі.

Діагностичний приклад відтермінованої та контрольної рентгенографії у постраждалого з політравмою представлено в додатку А81. Візуальний контроль БУ трьох порожнин тіла у даного постраждалого проводився при

оглядовій рентгенографії органів грудної, черевної порожнин, таза з пошуком маркерів БУ (газу, рідини), переломів кістково-реберного каркаса, кісток таза та інших патологічних змін (додаток А81). На оглядовій рентгенограмі органів черевної порожнини у напіввертикальному положенні вільного газу під куполом діафрагми та рівнів рідини на 4-ту добу після поранення не визначалося. На контрольній РГ на 7-му добу під правим куполом діафрагми візуалізувався вільний газ (червона стрілка) та була роздута газом товста кишка (зелена стрілка). Встановлено крайовий перелом крила лівої здухвинної кістки (фіолетова стрілка), якого на попередньому обстеженні не спостерігали. Тому контрольний динамічний рентгенологічний метод віддалених наслідків БТ із візуальною ознакою пневмоперитонеума у постраждалого з політравмою на 7-му добу змінив хірургічну тактику.

Рентгенологічні дослідження нижніх відділів грудної клітки в одній (двох) проєкціях виконували при підозрі на торакоабдомінальне поранення, травму, а також при сліпих вогнепальних поєднаних та множинних пораненнях. Сканування нижніх відділів грудної клітки дозволило ідентифікувати БК торакальної, абдомінальної локалізації з візуально-балістичною характеристикою. Приклад незміненої БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н10 при пораненні в незахищені ділянки грудної клітки та черевної порожнини подано в додатку А82. Візуальний приклад успішного застосування променевого рентгенологічного методу для візуально-балістичної оцінки та термінальної балістики БТ живота представлено в додатку А82. Відсутність однієї з частин у хвостовика боєприпаса свідчить про захисну балістичну функцію бронезилята, в пластині якого залишився уламок фрагмента хвостовика.

У польових умовах штучне контрастування ранових каналів (вувльнерографію) за необхідністю та без ризику відтермінування хірургічних втручань проводили з введенням рентгеноконтрастних речовин та з подальшою променевою діагностикою проникних та непроникних поранень черевної, грудної порожнин. З даною метою проводили рентгенологічне дослідження рани з водорозчинним контрастним препаратом, яке виконували в операційній або

процедурній рентгенологічного кабінету. По ходу каналу герметично шприцем через гумовий катетер вводили 50–100 мл водорозчинного контрастного препарату (розчин урографіну, ультравісту, томогексолу) та сканували живіт у прямій, бічній проєкціях. При проникних пораненнях контрастна речовина потрапляла в черевну порожнину, розтікалася по очеревині і накопичувалася між петлями кишківника, в тазові, бічних каналах живота, у тканинах малого або великого чепця, чи локально в дублікатах. Якщо поранення було непроникне, контрастна речовина депонувалася в межах тканин стінки живота.

На IV РМЗ рентгеноконтрастні дослідження у постраждалих із БТ живота, таза потребували більше діагностичного часу, підготовки рентгенолога, присутності лікуючого лікаря та анестезіологічний супровід. Рентгенологічна оцінка структурно-функціональних, морфологічних змін ушкоджених органів черевної порожнини, заочеревинного простору, таза доповнювали клінічну картину в постраждалих у віддаленому післяопераційному періоді. Якщо вульнерографію виконували для вирішення питання про характер поранення (проникне чи непроникне) з введенням контрасту або газу, то фістулографію проводили в динаміці пораненим, травмованим при тривалому перебігу ранової, травматичної хвороби, ускладненої гнійно-некротичними процесами з утворенням нориць. Фістулографія надавала діагностичну інформацію про локалізацію, розміри, форму гнійно-некротичної порожнини, а також діагностику недостатності дронування абсцесів черевної порожнини, заочеревинного простору. Рентгеноскопію живота, таза виконували для уточнення екстра-інтра-ретроперитонеальної локалізації СТВП та СТНВП. Спостерігали за зміщенням СТВП на вдихові (для притомних пацієнтів). Рентгеноконтрастні дослідження різних відділів шлунково-кишкового тракту виконували на IV РМЗ з метою діагностики ускладнень післяопераційного періоду, для уточнення локалізації сторонніх тіл, їх балістичної ідентифікації, топічної променевої діагностики (додаток А83). Приховані, залишені стороні тіла медичного призначення (марлеві серветки, тампони, інший медичний або текстильний матеріал) накопичували рентгеноконтрастні речовини, що

дозволило їх ідентифікувати, визначити їх розмір та провести топічну діагностику. Рентгеноконтрастні дослідження верхніх відділів шлунково-кишкового тракту, а саме дванадцятипалої, порожньої, клубової кишок проводили з метою оцінки стану анастомозу, ранніх та пізніх післяопераційних ускладнень (анастомозит, злукова хвороба, нориці). Тонко-товстокишкову непрохідність діагностували як при оглядовій безконтрастній рентгенографії, так і рентгеноконтрастній у постраждалих із БТ живота, таза в післяопераційному періоді (додаток А84). Рентгенологічні ознаки кишкової непрохідності визначалися в постраждалих у ранні та пізні післяопераційні періоди. Як подано в додатку А84, постраждалий Г., 33 р., тривалий час перебував на парентеральному харчуванні, що й спричинило кишкову непрохідність. Клінічні дані були підтверджені візуально при невідкладному рентгенологічному дослідженні органів черевної порожнини та динамічному променевому діагностичному супроводі через 8 год від початку лікування.

Рентгенологічні дослідження із застосуванням контрастних речовин (з різним способом їх введення) мезогастрію та нижніх відділів живота (ентерографія, іригографія) проводили з метою діагностики морфофункціональних порушень, злукової хвороби, товсто-тонкокишкової непрохідності та гнійних ускладнень товстої кишки. Після оперативних втручань на нирках з приводу травматичних ушкоджень, у тому числі нефректомії на попередніх РМЗ, проводили рентгеноконтрастні дослідження з метою визначення ефективності функціонування дренажної системи заочеревинного простору, візуалізації сторонніх тіл в паренхімі нирки, паранефральної або паравертебральної локалізації. Ентерографію проводили у післяопераційних постраждалих шляхом введення контрастних речовин в зонд або перорально для діагностики злукової хвороби, кишкової непрохідності, інших патологічних станів (додаток А85). Пораненим із нестабільністю тазового кільця проводили оглядову рентгенографію таза в прямій проєкції. Залежно від важкості стану постраждалого дослідження виконували у вертикальному, напіввертикальному та горизонтальному положенні тіла. Переломи кісток таза часто супроводжувалися

великою крововтратою та множинними поєднаними ушкодженнями товстого кишківника, сечового міхура, статевих органів. На оглядових рентгенограмах черевної, грудної порожнин, таза з ушкодженням кісток, заочеревинним крововиливом, відсутністю чітких контурів нирок, великих поперекових м'язів, здуті кишкові петелі та їх деформація, стиснення чашечок, їх зміщення, підкапсульне накопичення рентгеноконтрастної рідини, або відсутність контрастування порожнистої системи нирок, відповідало ушкодженню нирок. Тому при підозрі на ушкодження сечовидільних шляхів, у разі локалізації вхідного отвору РК в проєкції нирок або сечового міхура, гематурії проводили контрастне дослідження. Ступінь ушкодження нирок встановлювали за допомогою урографії (екскреторної, антеградної), висхідної пієлографії, а для діагностики ушкоджень сечового міхура – шляхом ретроградної цистографії. Інфузійну урографію проводили шляхом внутрішньовенного введення протягом 5–10 хв до 60–80 мл розчину неіонного йодовмісного рентгеноконтрастного препарату (томогексол, ультравіст або урографін). Знімки виконували відразу після закінчення парентеральної інфузії, надалі через 10, 20 хв, а відтерміновані за необхідністю через 60 хв. Екскреторна фаза сканування була обов'язковою для оцінки стану порожнистої системи нирок, сечоводів, сечового міхура. При переломах кісток таза для виключення БУ сечового міхура проводили контрастну цистографію, туге наповнення сечового міхура. При БТ таза заочеревинна гематома викликала деформацію та зміщення сечового міхура. Наявність патологічного вмісту в черевній порожнині, тазові свідчила про БУ внутрішніх органів. При контрастній цистографії звертали увагу на положення, форму, розмір, контури, затік контрастної речовини в довколومیхурову клітковину та/чи у черевну порожнину (додаток А85). При виконанні ретроградної цистографії у випорожнений сечовий міхур через уретральний катетер вводили 200–400 мл 15 % розчину водорозчинної контрастної речовини (урографін або інші препарати). Пережимали катетер, виконували знімки в прямій, задній, косій проєкціях, а також оглядовий знімок таза після випорожнення сечового міхура від контрастного препарату. У разі його

ушкодження у постраждалого в післяопераційному періоді визначалися зміна форми, положення, розмірів сечового міхура (додаток А85).

Важкопоранених досліджували паралельно з проведенням інтенсивної реанімаційної терапії з дотриманням вимог радіаційної безпеки. На IV РМЗ створені необхідні умови для вичерпної променевої діагностики ускладнень післяопераційного періоду у постраждалих із поєднаними та множинними БУ органів таза (пораненнями сідниць, прямої кишки, тонкої кишки, сечового міхура, інших органів) та візуалізації наслідків БТ (пневмо/гемоперитонеума, випотів, інших патологічних станів). Рентгеноскопично досліджували прооперовані порожнисті органи таза з наповненням їх контрастом. Застосовували туге наповнення для дослідження, зі зміною положення тіла та випорожненням вмісту, що дало можливість динамічно сканувати орган.

6.7. Рентгенологічна діагностика БУ опорно-рухової системи

Рентгенологічну діагностику, у випадку ушкоджень опорно-рухової системи, проводили всім пораним, травмованим. В першу чергу діагностику проводили перед невідкладними хірургічними чи травматологічними оперативними втручаннями. Показаннями до обстеження були: наявність БУ кістково-хрящового скелета (кісток верхніх, нижніх кінцівок, суглобів плечового, тазового пояса, іншої локалізації, реберно-грудинного каркаса), м'яких тканин (сполучна тканина, підшкірно-жирова клітковина, м'язова тканина, кровоносні та лімфатичні судини, нерви, синовіальні оболонки). В окремих випадках рентгенологічні дослідження у постраждалих із БУ кістково-суглобової системи були відтерміновані для проведення реанімаційних заходів, зупинки кровотечі, з інших причин.

Укладку пораненої чи травмованої кінцівки проводили так, щоб на знімку візуалізувати не тільки ділянку перелому, але й прилеглі АФЗ (суглоби, хрящі, м'які тканини), (додаток А86). Важкопораним, особливо з множинними вогнепальними переломами кісток при поєднаних травмах таза дослідження проводили на ношах, каталці, не змінюючи положення кінцівки, таза на сучасних

рентгенівських апаратах із мультифункціональними столами, або портативними приладами на реанімаційному ліжку. Засоби тимчасової іммобілізації, турнікети, пов'язки, шини (фанерні, сходинокві), апарат зовнішньої фіксації (АЗФ) та інші металеві елементи для металоостеосинтезу суттєво не впливали на якість рентгенівського зображення (додаток А86). Поліпозиційну рентгеноскопію виконували переважно для діагностики локалізації СТВП при вогнепальних переломах кісток, суглобів, перед та під час деяких операцій (МОС, накладання компресійно-дистракційних апаратів, інших медичних втручань). Рентгенологічне зображення кістково-суглобової системи виконували з врахуванням синдрому кісткових поліструктурних ушкоджень, що передбачало візуалізацію всіх ушкоджених ділянок із обмеженням променевого навантаження, а також контроль видалення СТВП (додаток А86). Етапованим із БТ кістково-опорної системи на IV РМЗ візуальний контроль проводили із синдромальним підходом (додаток А60). На додатку А60 представлено візуально-балістичний приклад багатофакторного ушкодження сапера-жінки протипіхотною багатоцільовою міною з сімейства протипіхотних фугасних мін. На IV РМЗ проводили комплексну візуальну оцінку БУ із застосуванням променевих методів (рентгенографії та комп'ютерої томографії).

Аналіз візуальних даних та збір бойового анамнезу свідчив, що поранення стопи відбулося за рахунок натиску на кришку міни. Крім кінетичної дії міни, стопу було поранено додатковими факторами зовнішнього середовища, забруднення рани фрагментами взуття, пороховими газами, ґрунтом. У представленому прикладі застосування захисного взуття та одягу для розмінування території у жінки-сапера відіграло захисну роль, оскільки ударна хвиля вибухового заряду не спричинила відчленування сегмента кінцівки. Враховуючи ТТХ міни, корпус, якої був пластиковий, а вміст металевий, мали місце різної щільності, розмірів, форми фракції осколки. Тому важливе діагностичне та прогностичне значення мав збір бойового анамнезу у пораненої, що спонукало до проведення візуально-балістичної оцінки. До візуальної оцінки

БУ кісткових тканин та структур, прооперованих ділянок застосовували РГ в оптимальних позиціях, із мінімальним опроміненням.

Масштабність збройного конфлікту на сході України та російсько-українська війна із переважним застосуванням противником мінометів, важкого артилерійського та авіаційного озброєння, бойових дронів, крім високого ризику травматизму кінцівок в бойових умовах, ураження у відкриті вразливі АФЗ та порожнини тіла суттєво збільшило відсоток санітарних втрат внаслідок вогнепальної та невогнепальної травми кінцівок. Внаслідок вибухової травми першочергово травмувалися великі суглоби та трубчаті кістки верхньої, нижньої кінцівок [60–62, 90, 107, 171]. Оперативним методам лікування переломів шийки стегнової кістки надають перевагу як у мирний, так і у воєнний час. Крім обмеження ресурсів та часу, операції були серйозним випробуванням для поранених, травмованих. Проте вони забезпечили необхідні умови для сприятливого перебігу репарацій перелому кісток. Під час операції з візуальним контролем забезпечувалася точна репозиція відламків, міцна їх фіксація металевими конструкціями, що дозволило активізувати постраждалих. Різні види МОС застосовували залежно від конкретної клінічної ситуації, локалізації, характеру бойової травми.

У етапованих постраждалих на ІV РМЗ та у травмованих в СПО під час відвідування клініки амбулаторної допомоги та рентгенологічного відділення (клініки променевої діагностики та терапії), у приймальному відділенні, відділенні хірургічної інфекції у НВМКЦ «ГВКГ» за призначенням лікуючого лікаря проводили вичерпну, остаточну рентгенологічну діагностику БУ кістково-суглобової системи, етапних реконструктивно-відновлювальних втручань на ушкоджених кінцівках та візуальну експертизу при направленні на ВЛК [26, 27, 107, 114, 120, 137]. У постраждалих із БТ кінцівок проводили рентгенологічний контроль встановлення АЗФ, МОС, різних етапованих оперативних втручань та рентгенодіагностичний аналіз репарації кісток, дефіциту кісткової та м'язової тканин для визначення подальшої хірургічної тактики. На рентгенограмах визначали довжину дефіциту кісткової тканини,

об'єм дефіциту м'язової тканини та інші діагностичні вимоги до спостереження або ВЛК.

При надходженні пораненого, травмованого з БУ кінцівок на III, IV РМЗ виконували УЗДГ, РАГ, МДКТ з контрастуванням – ангиографію судин різної локалізації. Ангіографічне дослідження судин проводили у разі неможливості виконання УЗДГ при виявленні ознак ушкодження магістральних судин (наявність ознак крововтрати, послаблення або відсутність пульсу на ушкодженій кінцівці, зміна кольору шкірного покриву, холодної кінцівки, інші патологічні стани), а також у сумнівних випадках з клінічної точки зору, якщо РК узгоджувався з проекцією судинно-нервового пучка. Ендоваскулярні втручання у постраждалих із БТ кінцівок проводили на IV РМЗ.

РАГ дозволила виявляти тромбоз або розрив судин, контролювати післяопераційні стани. При цьому на ангиограмах визначалися: симптом «ампутації» ушкодженої судини, ангіоспазм, розповсюдження контрастної речовини за межі судини та депонування в м'яких тканинах. При аналізі ангиограм диференціювали реактивний спазм магістральних артеріальних судин від розриву або тромбування. У випадку реактивного спазму на ангиограмах спостерігали поступове звуження судини, іноді зникало її зображення. При їх розриві на ангиограмах спостерігали обрив тіні судини. Тромбоз артерій також супроводжувався перериванням зображення судини, проте, на відміну від розриву, спостерігали колатеральний кровообіг на ангиограмах та в режимі реального часу при УЗДГ судин кінцівок. Хірургічні втручання з видалення осколка м'яких тканин задньої поверхні спини внаслідок ворожого мінометного обстрілу представлено на рис. 6.5, а на рис. 6.6 – з м'яких тканин кінцівки. Черезшкірні внутрішньосудинні рентгеноконтрастні, з внутрішньовенним введенням препаратів дослідження судинної системи проводили виключно на IV РМЗ для надання високоспеціалізованої хірургічної допомоги пораненим, травмованим із БТ кінцівок та судин різної локалізації. В умовах операційної ендоваскулярної хірургії чи травматології проводили видалення СТВП різної локалізації (кінцівки, спина, шия), імплантували, встановлювали стенти, графти,

ефективно вилучали феромагнітні СТВП (кулі, металеві осколки), виконували артроскопії для зниження ризику інфекційних ускладнень відкритих операцій (рис. 6.6).



Рис. 6.5. Хірургічне вилучення стороннього тіла вогнепального походження, осколка

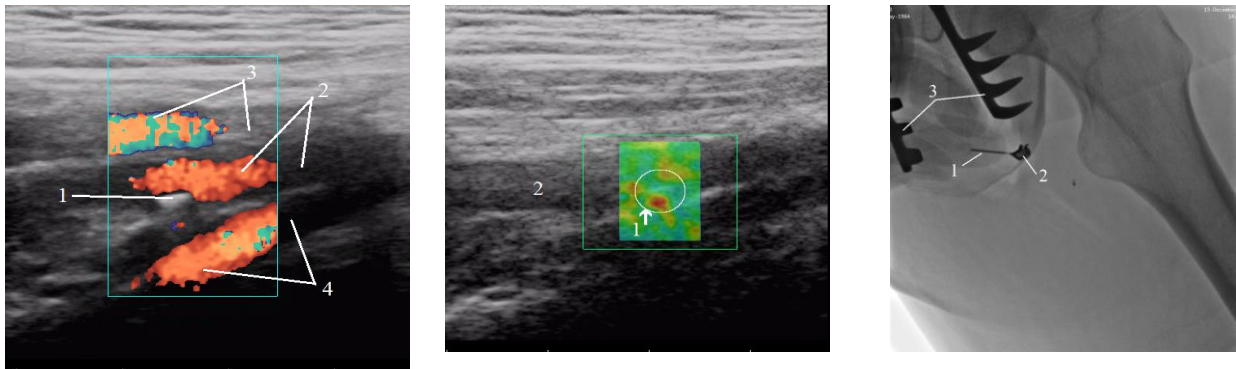


Рис. 6.6. Візуальний контроль у постраждалого з БТ кінцівки. Режим УЗДГ, КДК: 1 – осколок; 2 – поверхнева стегнова вена; 3 – поверхнева стегнова артерія; 4 – глибока стегнова вена. Режим СЕГ: 1 – осколок; 2 – поверхнева стегнова вена. Оперативне видалення осколка з лівого стегна, розташованого медіально на рівні малого вертлюга стегнової кістки, зафарбовано контрастом для візуалізації. РА: 1 – голка з контрастом; 2 – осколок; 3 – ранорозширювачі

Як видно з рис. 6.7, на III та IV РМЗ постраждалим із БТ кістково-суглобової системи проводили ендоскопічне порожнинне втручання для артроскопічної ревізії, видалення сторонніх феромагнітних тіл та проведення малоінвазивних хірургічних операцій. МДКТ без контрастування в кістковому, м'якотканинному, інших режимах, із післяпроцесинговою обробкою 3D, 4D зображень рендерингу проводили у постраждалих для повноцінного та вичерпного променевого діагностичного аналізу зображень.

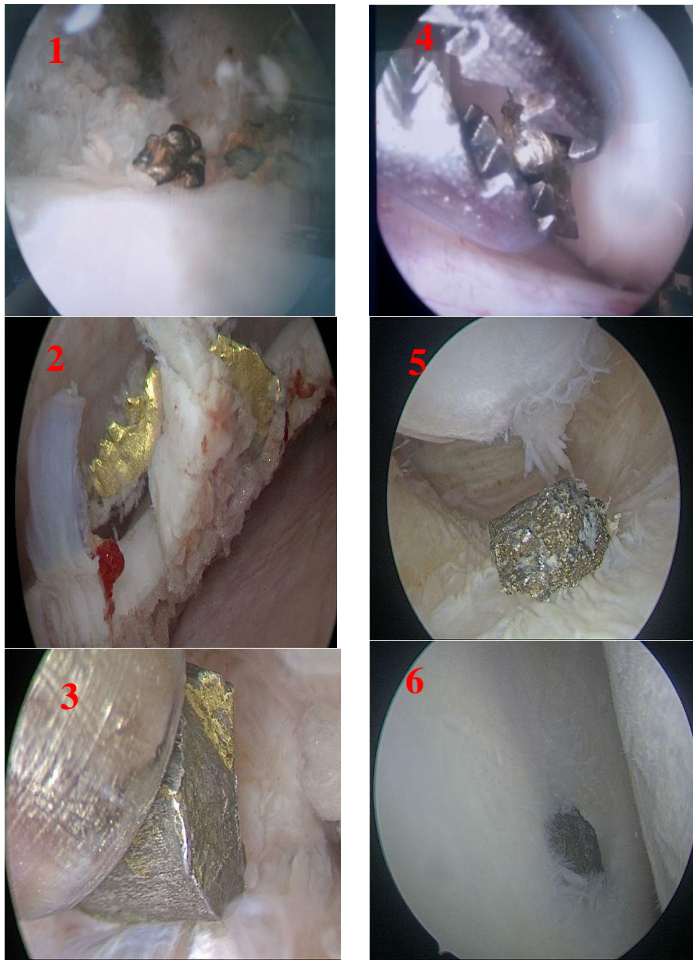


Рис. 6.7. Артроскопія

Зображення у постраждалих із сліпими проникними вогнепальними пораненнями суглобів.

Артроскопічна ревізія та видалення феромагнітних сторонніх тіл металевого походження за допомогою магніту: 1, 2, 3, 4, 5 – при вогнепальному осколковому пораненні колінних суглобів; 6 – при вогнепальному пораненні плечового суглоба

Так, попередньо представлені візуально-балістичні приклади демонструють роль, значення рентгенологічного методу у постраждалих при застосуванні противником штурмової стрілецької зброї та вибухонебезпечних боєприпасів.

Як видно з рентгенограм, фрагменти боєприпасів мали схожі балістичні властивості: великі розміри, малу масу об'єктів, або навпаки, велику та відносно низьку швидкість при потраплянні в тіло.

При рентгенологічному дослідженні встановлено відмінність їх форми, локалізації, розмірів, інші візуальні ознаки. На IV РМЗ постраждалим із БТ проводили КТ-ангіографію, флебографію, внутрішньоартеріальну цифрову субтракційну ангіографію, магнітно-резонансну ангіографію – у разі відсутності в тілі металевих тіл вогнепального походження чи медичного призначення.

В деяких випадках виконували, за клінічними показаннями, радіонуклідні дослідження.

Алгоритм рентгенологічної діагностики БУ опорно-рухової системи представлено у додатку А86.

6.8. Загальні положення з організації та змісту ультразвукової діагностики на війні

В умовах ведення бойових дій головними напрямками роботи лікувально-діагностичних відділень і кабінетів УЗД були: ургентні обстеження поранених і травмованих (FAST-протокол, розширений FAST, EFAST-протокол, сортувальна УЗД), розширене ультразвукове обстеження, моніторинг лікування, вичерпна діагностика ускладнень та експертиза наслідків БТ [31, 36, 40, 48, 52, 56, 62, 78, 162]. Діагностичні завдання візуального дослідження наступні:

- 1) FAST-протокол (маркери БУ: вільна рідина і газ у порожнинах тіла, газ у НПВ та/або у ворітній вені, візуалізація СТВП та СТНВП, медичного призначення);
- 2) розширене УЗД грудної клітки, живота, заочеревинного простору, таза з метою встановлення ушкоджень органа, ступеня ушкодження, прогнозу та динаміки патологічних змін органів і систем із застосуванням кольорового та енергетичного доплерівського картування (КДК, ЕДК), УЗДГ, СЕГ, стеатометрії; 3) виконання спеціальних завдань дослідження: стан венозного та артеріального кровотоку в магістральних судинах із використанням КДК, ЕДК, УЗДГ, визначення ехоцільності патологічних випотів, із застосуванням СЕГ;
- 4) УЗД при БУ ока, верхньо-щелепної пазухи, органів ший, калитки, грудино-реберного каркаса, кісток таза та кінцівок, суглобів, сухожилків, м'язів, периферичних нервів, ендокавітальні обстеження; 5) ультразвукова навігація при лікувально-діагностичних пункціях (гемо/пневмоторакс, гемоперитонеум, гемоперикардіум, порожнинний випіт різної локалізації), для диференційної діагностики соматичних захворювань та їх загострень; 6) ультразвукова навігація для видалення СТВП та СТНВП (куль, металевих осколків, кісткових уламків, інших тіл) та контролю їх видалення; 7) УЗД верифікації СТВП та

СТНВП, медичного призначення із встановленням їх топічної діагностики; 8) інтраопераційна УЗД (диференціація заочеревинних гематом, порожнинних випотів, іншої локалізації, ехолокація судин і сторонніх тіл, блокада судинно-нервових пучків) [45, 140, 150, 189]. Згідно з сучасними вимогами до організації ЛЕЗ з врахуванням принципу «золотої години» та оптимізації діагностичної програми у постраждалих із БТ на II РМЗ, стабпунктах, групах підсилення, ПХГ оснащені портативними ультразвуковими діагностичними приладами світових фірм виробників з обов'язковим виконанням FAST-протоколу (тривалість дослідження від 2 до 10 хв). Висока діагностична ефективність застосування у польових та стаціонарних умовах ультразвукового методу, крім сонологів, доведена нашими зарубіжними партнерами [173, 174, 196, 246, 362, 410], а також українськими військовими хірургами, які отримали десятирічний бойовий досвід [31, 48, 98, 104, 140, 141, 147, 162]. Застосування на II, III РМЗ цифрових рентгенологічних приладів та портативних УЗД апаратів дозволило уникати необґрунтованих інвазивних втручань та скоротити час на постановку діагнозу. Зменшилась кількість виконаних діагностичних лапаротомій, торакотомій у ВМГ, інших закладах – з 15 % до 7 %, збільшились кількість відеолапароскопічних досліджень з 14,9 % до 34 % ($p < 0,001$), скоротилась діагностична фаза на $(13,3 \pm 2,7)$ хв, підвищилась інформативність візуалізуючих досліджень на 17 % та зменшились діагностичні помилки з 7,5 % до 3,3 % ($p < 0,05$) [91, 92]. На сьогодні медична служба підрозділів зони ведення бойових дій на території України має сучасний пересувний лікувально-діагностичний комплекс, до складу якого входить операційна, стоматологічний кабінет та блок променевої діагностики [17, 54, 93, 161]. З метою удосконалення медичного забезпечення ЗС України, підвищення спроможностей медичної служби щодо проведення лікувально-діагностичних заходів та надання допомоги у польових умовах розроблено, створено відповідно до опрацьованих медико-тактичних вимог кабінет рухомий хірургічний та кабінет рухомий рентгенівський на базі автомобіля КраЗ, які допущені до експлуатації у ЗС України відповідним наказом МО України [17, 82, 117]. Кабінет рухомий хірургічний дав можливість

проведення нескладних хірургічних втручань, невідкладних заходів першої лікарської допомоги поза межами стаціонарних закладів у польових умовах під час ведення бойових дій [17, 117, 122]. Кабінет рухомий рентгенівський на базі автомобіля КраЗ призначений для проведення рентгенологічних обстежень особового складу у польових умовах. Його медико-технічні характеристики подані в монографії професора Білого В.Я [17]. Важливо відзначити, що ультразвукові обстеження поза межами стаціонарних закладів у польових умовах проводили як у хірургічному, так і в рентгенівському рухомому кабінетах із застосуванням портативних УЗД приладів, які живляться від виносних дизельних енергоагрегатів або від батареї приладу [41, 42, 142, 162].

На всіх РМЗ застосовувався сонографічний метод в об'ємі FAST-протоколу у скороченому або розширеному варіанті, що залежало від стану постраждалого. Головною метою ургентного дослідження був пошук маркерів БУ – «вільної рідини» (крові, вмісту порожнистих органів, порожнинних випотів), газу у черевній, грудній порожнині, перикарда, що підтверджувало ушкодження внутрішніх органів, а візуалізація СТВП та СТНВП у постраждалих із БТ свідчила про бойовий анамнез ушкоджень тіла. Чутливість, точність та специфічність методу у діагностиці гідроперитонеума, пневмоперитонеума, гемотораксу, пневмотораксу та гемоперикардіума сягала 80–98 % [91, 92, 141]. Українські військові хірурги започаткували перехід в орієнтації хірургічної допомоги на ЕМЕ за видами на рівневу структуру відповідно до стандартів НАТО із наближенням елементів спеціалізованої хірургічної допомоги у ВМГ шляхом застосування високотехнологічного хірургічного обладнання. Інноваційні сучасні хірургічні відеотехнології потребували оснащення передового рівня, затрати часу, підготовки військових хірургів. Виконання УЗД за технологією FAST-протоколу дозволило за лічені хвилини отримати важливу клінічну інформацію для прийняття рішення стосовно первинного сортування поранених, травмованих та визначення подальшої лікувально-діагностичної програми. Згідно з клінічними керівництвами, настановами, протоколами спільної доктрини НАТО, щодо медичного забезпечення та нашим досвідом,

використання FAST-протоколу дозволило знизити кількість невинуватених операцій на 13–22 %, що зберегло час і ресурси медичних закладів. Позитивний передбачуваний результат при ЗБТ живота сягав 84–100 %, негативний – 95–99 %, імовірність похибки була 1,2–3,3 % [91, 92, 140, 141, 145]. FAST-протокол застосовувався спільно з результатами інших методів інструментальної, лабораторної діагностики при вогнепальних пораненнях (кульові, осколкові), вибухових пораненнях, вибухових травмах та невогнепальній травмі. Сонографічний метод дав можливість візуалізувати одночасно бойові ушкодження різних органів і систем у постраждалих із БТ безпечно та мобільно на всіх РМЗ (додатки А87, А88).

6.9. Візуальні, клінічні, біофізичні, балістичні паралелі ультрасонографії

У процесі УЗД отримували надзвичайно важливу інформацію стосовно об'єму крововтрати, причини порушення вітальних функцій дихання і гемодинаміки, характеру порожнинних випотів, діагностики ускладнень БТ, а також УЗ-візуального контролю, візуалізації та оцінки СТВП, СТНВП. Технологія FAST-протоколу, діагностичного та експертного застосування ультрасонографії у постраждалих із БТ ґрунтувалася на виявленні візуальних ознак БУ, які впливали з ехолокаційних, фізичних закономірностей ультрасонографії. Серед них наступні: 1) анехогенні локуси (чорного кольору), «вільна рідина» – відповідно до поранення, травми визначалася як кров, залежно від порожнини (гемоперитонеум, гемоперикардіум, гемоторакс або транссудат, інший порожнинний випіт), (рис. 6.8).

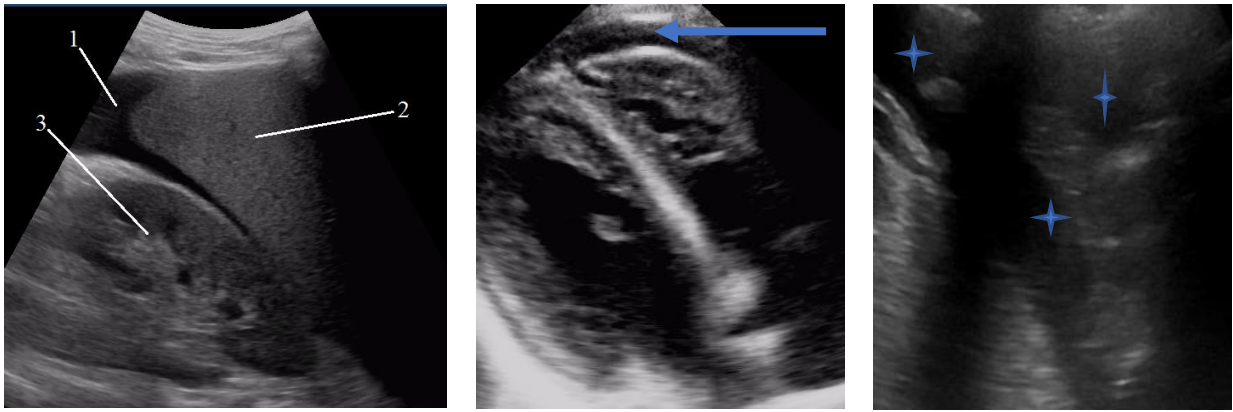


Рис. 6.8. Ехограми з анехогенними однорідними локусами. Гемоперитонеум. В-режим: 1 – рідина в піддіафрагмальному просторі; 2 – печінка; 3 – права нирка. Гемоперикардіум (стрілка). Гемоторакс (зірка)

Для диференціації характеру порожнинного випоту, локація якого мала анехогенну, однорідну картину, застосовувалась СЕГ. Як відомо з пропедевтики внутрішніх хвороб та внутрішньої медицини, плевральний випіт – це скупчення рідини в плевральній порожнині, що обумовлено різними причинами (транссудат або ексудат). Класифікація випотів ґрунтується на лабораторній характеристиці рідини, яку отримують під час пункції [45, 87, 88, 110, 172]. У нормі в плевральній порожнині знаходиться 10–20 мл рідини, яка рівномірно розподіляється між вісцеральним та парієтальним листками плеври, обмежує їх третя, за складом відповідає плазмі крові, з низьким вмістом білка. Транссудат утворювався при збільшенні гідростатичного тиску і зменшенні онкотичного тиску плазми, а саме при серцево-легеневій недостатності, ГПН, нефротичному синдромі у постраждалих із БТ та при цирозі печінки з асцитом і гіпоальбумінемією у хірургічних та терапевтичних хворих. Ексудат утворювався при наявності місцевих запальних, післятравматичних процесів, що призводило до збільшення проникності капілярів, тому потрапляла плазма з білком, кров (гемоторакс), формені елементи крові, інші компоненти. У постраждалих із БТ такими причинами були: пневмонія, ТЕЛА, інфекційні, неінфекційні ускладнення, пухлини, інші патологічні стани. Представлені ехограми різної локалізації порожнинних випотів із якісною оцінкою в режимі СЕГ (рис. 6.9).

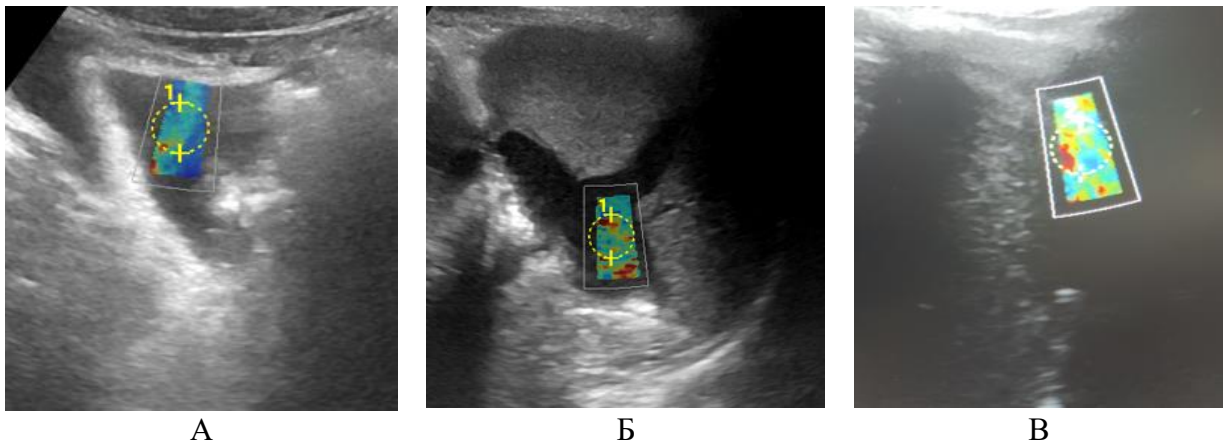


Рис. 6.9. Зсувнохвильова соноеластометрія анехогенних локусів порожнинних випотів: А – пельвікальний випіт (транссудат) СЕГ 6 кПа. Б – гемоперитонеум, СЕГ 18 кПа. В – гемоторакс, СЕГ 19,5 кПа

Як видно з рис. 6.9, еластичність представлених анехогенних порожнинних випотів відрізнялася за своєю етіологією. СЕГ була важливою неінвазивною методикою вітального інструментального визначення характеру рідини [32, 69, 215, 255, 301]. У внутрішній медицині діагноз плеврального випоту ставиться на підставі даних клінічного дослідження та рентгенографії органів грудної клітки [110]. При наявності безсимптомної верифікації транссудату у терапевтичних хворих лікування не проводиться [109, 110]. У разі клінічної симптоматики та візуалізації рідини у постраждалих із БТ виконували торакальну пункцію, дренажування плевральної порожнини, плевректомію, пульмонектомію або комбінацію цих методів. У постраждалих із БТ діагностика як транссудату, так і ексудату потребувала визначення адекватної лікувально-діагностичної програми, тому що верифікація порожнинного випоту (транссудату) у постраждалих у післяопераційному періоді свідчила про розвиток інфекційних або неінфекційних ускладнень. Тривала ехолокація транссудату в різних порожнинах тіла, що не піддавалася лікуванню, була візуальною ознакою розвитку загрозливого ускладнення – ранового, або травматичного виснаження (кахексії); 2) гіперехогенні локуси (яскраво білого кольору), що розташовані під грудною, черевною стінкою, іншими анатомічними структурами (шия, великі суглоби) та асоційовані з артефактами реверберації, тобто газ, який у залежності від порожнини був пневмоперитонеумом або пневмотораксом (рис. 6.10).

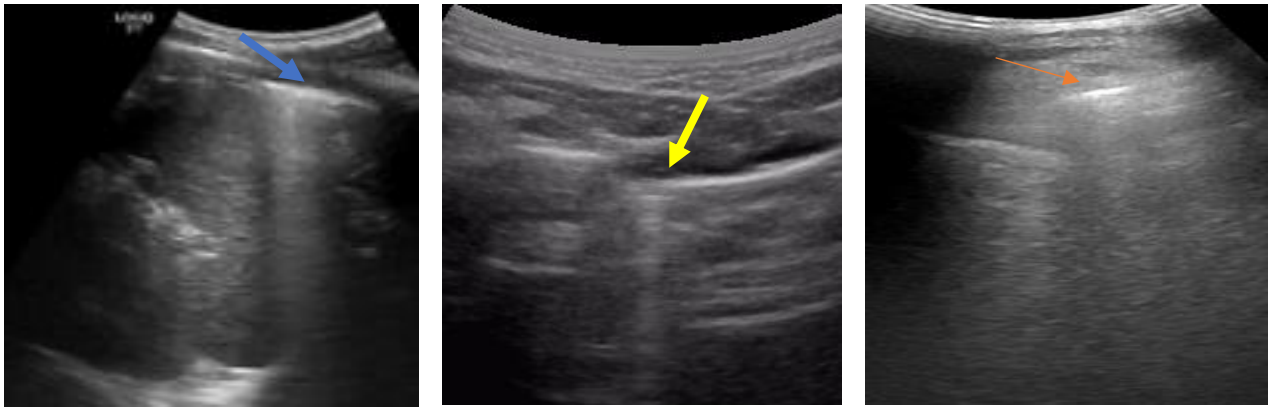


Рис. 6.10. Ехограми гіперехогенних локусів, локація різних анатомічних зон. Пневмоперитонеум, латеропозиція праворуч (голуба стрілка). Пневмоперитонеум, латеропозиція ліворуч (жовта стрілка). Пневмоторакс (помаранчева стрілка)

Для пневмотораксу додатково визначався симптом відсутності ковзання плеври, патологічні Е-лінії, А-лінії, а для пневмоперитонеума – симптом потовщення парієтальної смужки у латеропозиції. Гіперехогенні локуси та газ представлено на рис. 6.11. Візуалізація газу в РК свідчила про його вогнепальне походження, а тривала його ідентифікація – про розвиток ускладнень (флегмона, газова гангрена).

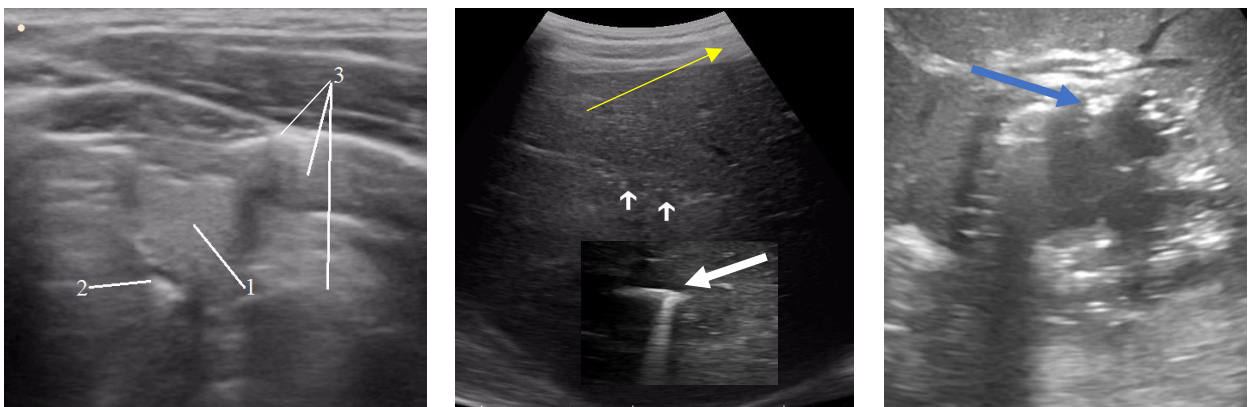


Рис. 6.11. Ехограми гіперехогенних локусів (газ) у постраждалих із БТ. Ушкодження стравоходу: 1 – ліва частка щитоподібної залози; 2 – відсутність контуру стравоходу, у його проекції газ; 3 – емфізема шії. Оментопексія (жовта стрілка). Газ у рановому каналі печінки (білі стрілки). Ускладнений РК печінки, газ, формування абсцесу (голуба стрілка)

Газ у тканинах шії, в порожнинах великих суглобів, підшкірна або міжм'язова емфізема свідчили про наявність проникного поранення або заброневої травми (рис. 6.11); 3) змішані локуси, ан-гіперехогенні (поєднання

чорного та білого кольорів), що відповідали неоднорідному порожнинному вмісту, характер якого потребував верифікації, визначення ехоцільності із застосуванням СЕГ [406] та лікувально-діагностичної пункції (рис. 6.12, додаток А89).



Рис. 6.12. Ехограми неоднорідних порожнинних випотів. Заочеревинна гематома (голуба стрілка). Тазова гематома (біла стрілка). Лікувально-діагностична пункція заочеревинного випоту

У постраждалих із ускладненнями БТ в грудній або черевній порожнині, тазові візуалізувалися рідинний вміст змішаної ехоструктури (гіпер-гіпоехогенні локуси, вільно рухливі лінійні включення в анехогенному вмісті, ознака їх септації або сегментації порожнинного випоту), (рис. 6.13).



Рис. 6.13. Етапований постраждалий, 32 р., з вогнепальним осколковим проникним пораненням черевної порожнини, таза. СПО. Лапаротомія. Колпроктомія, кінцева ілеостома, дренажування малого таза. Візуальний контроль на IV РМЗ. УЗД тазовий випіт з ознакою септації, СЕГ випоту Е 17,5 кПа (голуба стрілка). МДКТ. 3D реконструкція. Перекрут дренажу (жовта стрілка)

Для диференціювання характеру неоднорідного порожнинного вмісту застосовувалася СЕГ. Як видно з рис. 6.13, зміна положення дренажу, з порушенням його лікувальної, дренажної функції спричинило накопичення

ексудату в порожнині малої миски, розвиток осумкування та септації випоту. Наступний діагностичний приклад продемонстрував септацію ексудату у постраждалого з осколковим пораненням грудної клітки після видалення осколка з кореня лівої легені, та багаторазовими пункційно-дренуючими втручаннями (ПДВ) на плевральній порожнині (рис. 6.14).

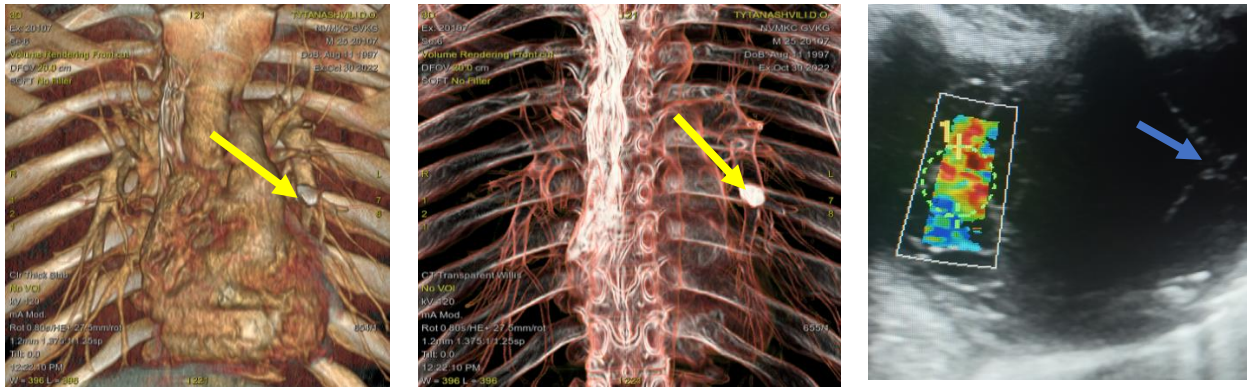


Рис. 6.14. Солдат Т., 25 р. Вогнепальне осколкове сліпе проникне поранення лівої половини грудної клітки, лівої легені з наявністю стороннього тіла кореня лівої легені. Лівобічний гемо/пневмоторакс. Вогнепальний багатотламковий перелом IV ребра ліворуч

З бойового анамнезу солдата Т., 25 р., відомо, що поранення отримав внаслідок ворожого обстрілу зі стрілецької зброї, знаходився у захисному шоломі, бронежилеті. При надходженні було дренованню плевральної порожнини, ПХО ран. На МДКТ у 3D рендерингу візуалізовано металевий осколок, щільність 3071 од. НУ (жовта стрілка). На УЗД (4 доба після операції) – плевральний випіт, септація, СЕГ вмісту 18,5 кПа (голуба стрілка). У торакальному відділенні НВМКЦ «ГВКГ» постраждалому була виконана торакотомія ліворуч, видалено осколок кореня лівої легені за допомогою хірургічного магніту (металевий осколок був неправильної форми, розміром 6,0x8,0 мм). На той час в плевральній порожнині патологічного вмісту та злуків не було виявлено. Плевральна порожнина була промита розчинами антисептиків, санована, аеростаз при роздуванні легень був добрий. Дренаж встановлено до верхівки лівої плевральної порожнини через окремий прокол грудної клітки, накладена асептична пов'язка. На 4 добу післяопераційного періоду в лівій

плевральній порожнині була візуалізована рідина з ознаками септації, Е 18,5 кПа, ексудат був із перетинками, тому під час пункції рідинний вміст не отримали.

На рис. 6.15 представлений візуальний приклад формування септ у плевральному ексудаті у постраждалого з лівобічним торакоабдомінальним осколковим пораненням.

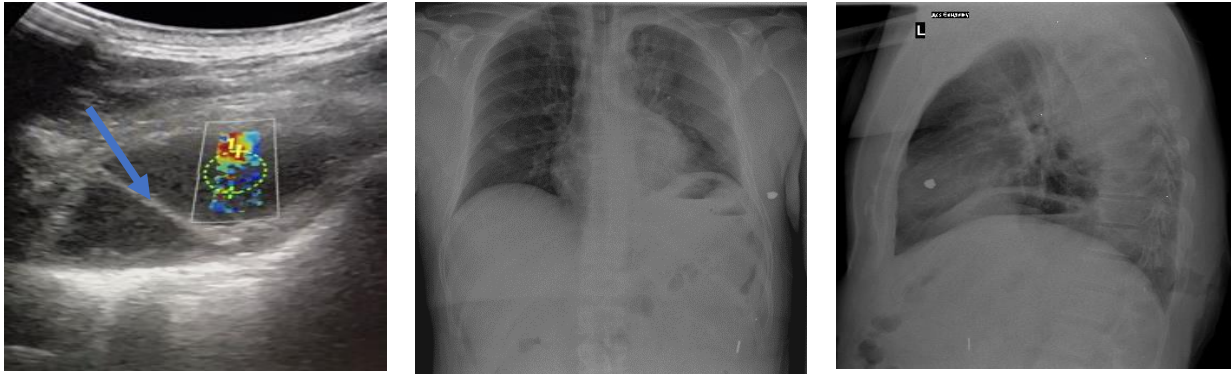


Рис. 6.15. Мол. сержант М., 34 р., внаслідок ворожого артилерійського обстрілу отримав вибухову травму. Поєднане вогнепальне осколкове торакоабдомінальне поранення, поранення голови. Дотичне непроникне поранення м'яких тканин голови зліва. Наскрізне поранення лівої вушної раковини. Вогнепальне осколкове поранення зліва з ушкодженням лівої легені, двобічним гемопневмотораксом, вогнепальним переломом 6-го ребра зліва, ушкодженням діафрагми, дотичним пораненням шлунка, селезінки, контузією кишкового краю підшлункової залози. Посттравматична перфорація барабанної перетинки зліва. Двобічний торакоцентез, дренажування обох плевральних порожнин за Бюлау, лапаротомія, ушивання діафрагми, спленектомія, ушивання ушкодженого шлунка, дренажування черевної порожнини, лапаростомія із залишенням в черевній порожнині 4 марлевих серветок та однієї пелюшки. ПХО ран грудної клітки та голови. Візуальний контроль на ІV РМЗ. УЗД лівої плевральної порожнини. Плевральний випіт із септами, СЕГ Е 19,0 кПа. РГ органів грудної клітки в прямій та бічній проєкціях (стрілка). Ділянка однорідного затемнення в лівій легені аксилярно, що плащевидно охоплює ліву легеню – осумкований лівосторонній плеврит (коло)

Як впливає з рис. 6.15, на ІV РМЗ для візуального контролю у постраждалого поєднали два споріднені променеві методи, ультразвуковий та рентгенологічний, для діагностики плевального випоту іпсилатеральної сторони ураженої вибуховою хвилею лівої половини тіла постраждалого. Інший характер рідинного вмісту спостерігався при загрозовому ускладненні післяопераційного періоду у постраждалого із БТ – перитоніту (рис. 6.16).

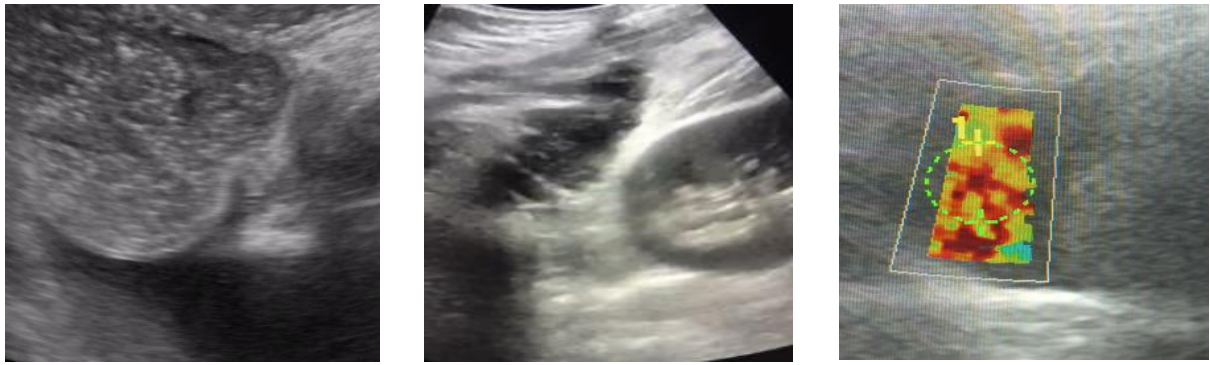


Рис. 6.16. Ехограми патологічного випоту в черевній порожнині у постраждалого з перитонітом. Сірощкальне зображення та в режимі СЕГ

Як видно з рис. 6.16, перитонеальний випіт у режимі СЕГ мав червоне однотонне забарвлення, показник був Е 32 кПа, інтраопераційно порожнинний випіт був представлений гноєм та фібрином.

Для черевної порожнини найнижчими (найглибшими) ділянками візуалізації рідини (крові, вмісту порожнистих органів та іншої патологічної рідини) були простір Морісона, сплено-ренальне заглиблення, простір Дугласа та міхурово-прямокишковий (додатки А87, А88). Візуальну оцінку еластичності вмісту порожнинних випотів (плевральний, перитонеальний, ретроперитонеальний, пельвікальний) різної локалізації патологічних осередків отримували при застосуванні зсувнхвильової СЕГ (додаток А89). Основні відмінності порожнинних випотів залежали від природи їх походження та характеризувалися відносною щільністю, білковим складом, співвідношенням вмісту білка у випоті до вмісту білка в сироватці крові, рН середовища, вмісту формених елементів крові, що й визначило відмінність між трансудатом і ексудатом. Так, трансудат із низькою щільністю, меншим вмістом білка та більшим рН середовищем мав вищу еластичність та меншу деформацію хвиль у середовищі, що характеризувалося однотонним синім забарвленням зображення. Якщо в рідинному порожнинному випоті концентрувалися формені елементи крові, такий характер рідини був на користь геморагічного, еластичність випоту знижувалася, а колір зображення змінювався в сторону жовто-зелених спектрів. У разі, коли концентрація випоту підвищувалася за рахунок більшої відносної щільності, збільшення вмісту білка, деяких

ферментів, зниження рН середовища, збільшення формених елементів крові – це свідчило на користь ексудату. Показник еластичності зміщувався в сторону його ущільнення, зниження еластичності рідини та появи усіх кольорів у зображенні на екрані монітора. Порожнинний випіт із домішками гною, інших патологічних середовищ спотворював однотонність картування зображення червоного спектра, а наявність міхурців газу у рідинному вмісті знижувала кількісний показник еластичності випоту, що потребувало визначення рентгенологічної щільності під час проведення МДКТ [10, 16, 37, 80].

Окремого діагностичного значення набувала ознака рівномірно чи нерівномірно потовщеної гіперехогенної лінії, що визначалася в проєкції порожнин тіла, або на межі внутрішніх органів (рис. 6.17, додаток А83). Як видно з рис. 6.17, акустична ознака гіперехогенної контурної лінії різної товщини та підсиленої акустичної доріжки в проєкції внутрішніх органів у післяопераційних постраждалих свідчили про наявність СТНВП (марлеві серветки, тампони, інший медичний матеріал).



Рис. 6.17. Ознака гіперехогенної контурної лінії. Тампон заочеревинного простору мезогастрія (біла стрілка); стороннє тіло піддіафрагмального простору (голуба стрілка); інтраопераційно, велика марлева серветка

Застосування зсувнихвильової СЕГ штучного матеріалу не мало ніякої діагностичної інформативності, у зв'язку з біофізичними властивостями еластичності м'яких тканин тіла та відсутністю картування штучних матеріалів. Інший приклад акустичного феномена гіперехогенної лінії як природного походження, але патологічного стану, так і внаслідок наявності штучного матеріалу в порожнині тіла (додаток А83).

Характерна візуальна ехографічна картина спостерігалася при застосуванні СЕГ у постраждалих із СТВП (кулями, металевими осколками, оболонками снарядів) (рис. 6.18).

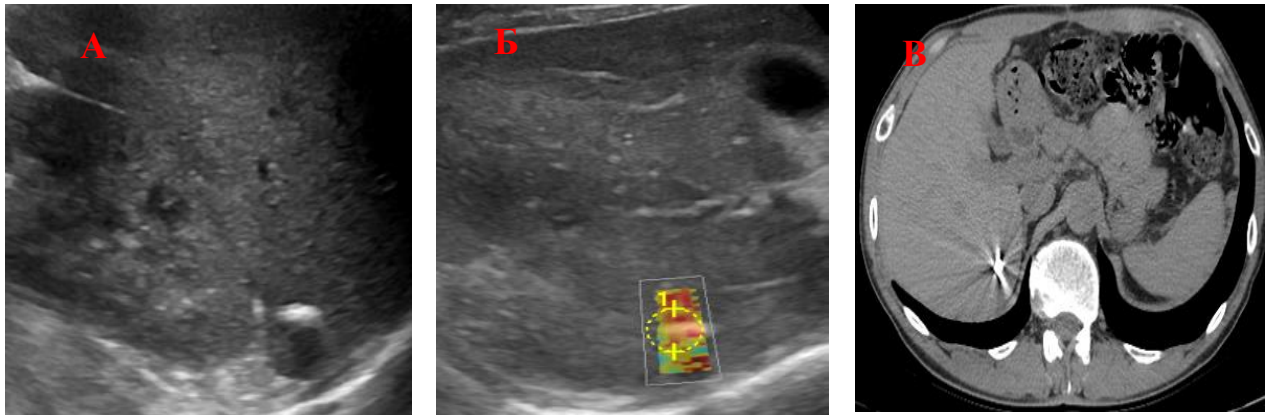


Рис. 6.18. Солдат П., 36 р. ВП: А – УЗД. Металевий осколок в печінці. Б – СЕГ осколка Е 44,8 кПа. В – МДКТ. Аксіальний зріз. Осколок в печінці, щільність 3071 од. НУ

Як видно з рис. 6.18, червоний спектр покриття зони розміщення СТВП (осколка) у паренхімі печінки свідчив про його високу щільність, яку кількісно визначали на МДКТ. За показником щільності +3071 од. НУ віднесли до складу ферумвмісного сплаву та успішно видалили магнітом. Випадок візуальної оцінки СТВП представлено у постраждалого з кульовим пораненням грудної клітки та розміщенням БК в правій плевральній порожнині (рис. 6.19).

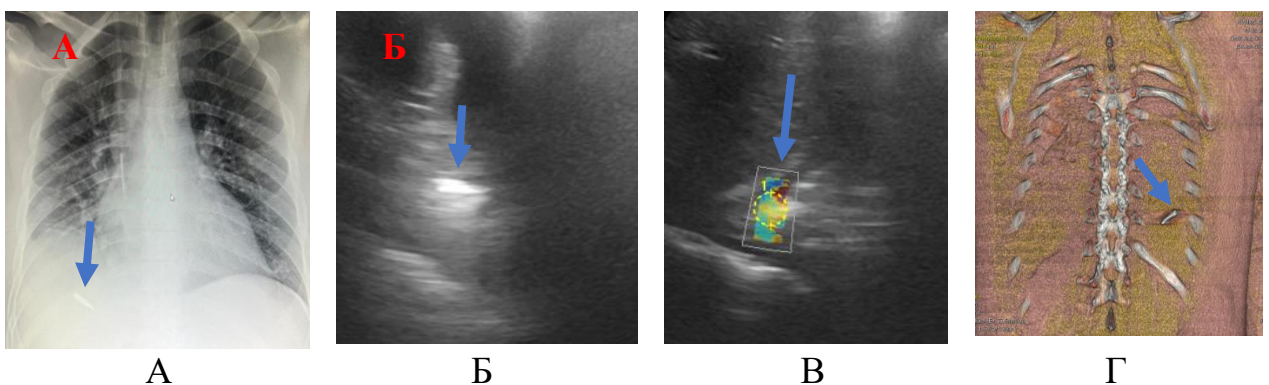


Рис. 6.19. Медико-візуально-балістична оцінка у постраждалого з кульовим пораненням грудної клітки: А – рентгенограма. Б – УЗД. В – СЕГ проєкції стороннього тіла плевральної порожнини. Г – МДКТ вигляд ззаду. Стороннє тіло – куля калібру 5,45x39 мм (стрілка)

В етапованих післяопераційних постраждалих під час УЗД внутрішніх органів візуалізувалися СТНВП, медичного призначення (холецистостоми, дренажі, інші предмети) з гіперехогенним акустичним феноменом (рис. 6.20).

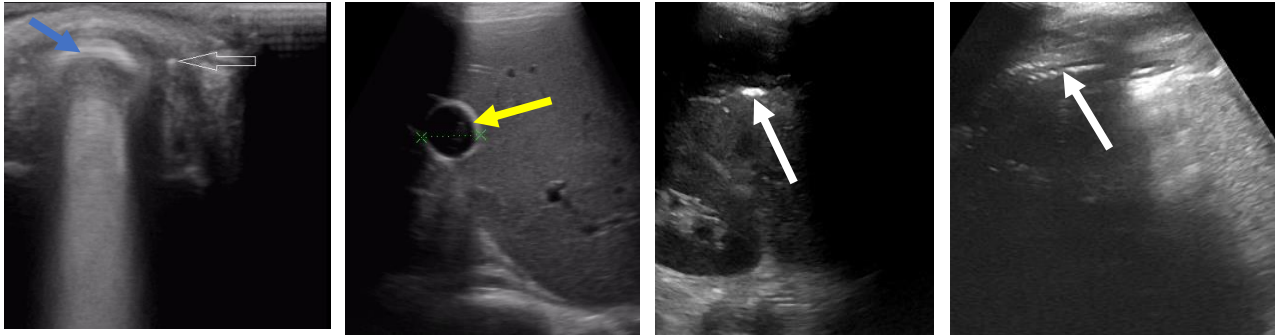


Рис. 6.20. Ехограми гіперехогенних акустичних ліній (паттернів). Біонічний протез ока (голуба стрілка), стрілка – осколок; печінкова холецистостома (жовта стрілка); дренажування піддіафрагмального, запечінкового, підпечінкового просторів дренажі (біла стрілка)

Як видно з рис. 6.20, гіперехогенні контурні лінії представляли зовнішній контур СТНВП, медичного призначення без акустичної тіні. Наступний візуальний приклад демонстрував різні форми гіперехогенних контурних ліній у постраждалого з вогнепальним торакоабдомінальним пораненням (рис. 6.21).

Як відомо з анамнезу, постраждалий Т., 52 р., був прооперований на II та III РМЗ. СПО Damage control I, II. На IV РМЗ з технічними труднощами була канюльована загальна жовчна протока.



Рис. 6.21. Мол. сержант Т., 52 р. ВП. Вогнепальне осколкове проникне торакоабдомінальне поранення з ушкодженням правої половини грудної клітки, правого склепіння діафрагми, SgVII, VIII печінки, забій правої нирки. Анамнез БТ. Вибух міни, під час поранення знаходився у захисному шоломі та бронезилеті

У напрямку ушкоджених проток правої долі було встановлено ендобіліарний пластиковий стент діаметром 8,5 Fr, довжиною 15 см (жовта стрілка), відходила жовч. На IV РМЗ проводився візуальний контроль (УЗД органів черевної порожнини, заочеревинного простору). Надпечінково візуалізувався анехогенний утвір, який в режимі КДК не картувався. Були повторні ПДВ та дренування біломи/абсцесу 57x83x49 мм, V 132 см³ під УЗ-навігацією (біла стрілка) піддіафрагмального абсцесу у ділянці рани задньої секції правої частки печінки (голуба стрілка). Під УЗ-навігацією виконано пункцію та дренування патологічного депозиту. Було отримано каламутну жовч кольору хакі із фібриною зависсю, об'ємом 140 мл. СЕГ РК після пункції Е 10 кПа. Гемостатична губка піддіафрагмального простору (червона стрілка), Е 12 кПа. Було зроблено висновок про візуальний прогноз ускладнень раннього післяопераційного періоду у даного постраждалого: 1) кровотеча із рани печінки; 2) незадовільне дренування абсцесу; 3) розвиток холангіту (гострого холангіогенного сепсису). Дообстеження постраждалого Т., 52 р., в післяопераційному періоді проводили із застосуванням рентгенологічного дослідження органів грудної клітки в контрольному, динамічному променевому діагностичному супроводі (рис. 6.22).

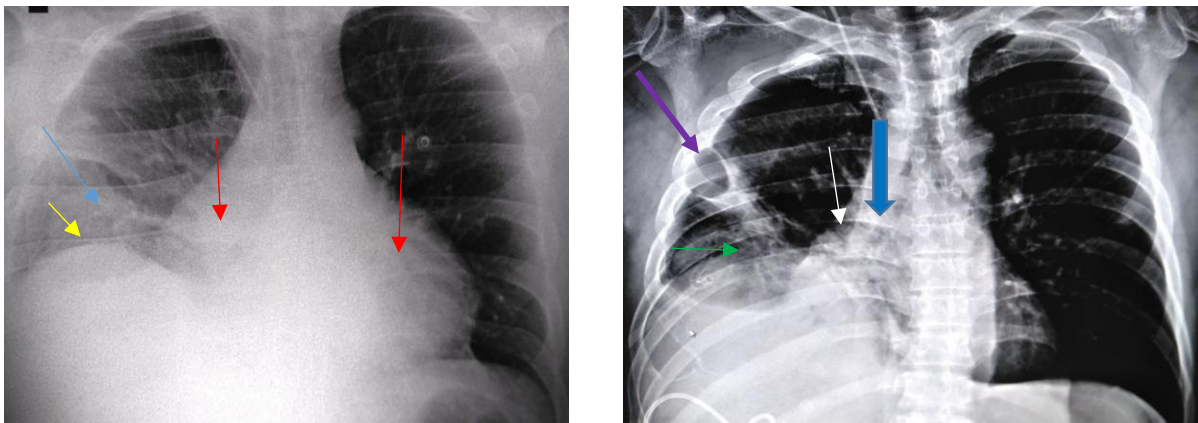


Рис. 6.22. Рентгенограми органів грудної клітки післяопераційного періоду. 12-та доба після поранення. РГ ОГК в прямій проекції. Зниження пневматизації середнього та нижнього полів правої легені, з інфільтрацією в базальних відділах (голуба стрілка); високе стояння купола діафрагми (жовта стрілка); розширення тіні серця. 22-га доба після поранення. РГ ОГК в прямій проекції. Правий плевральний синус зайнятий рідиною до 7-го ребра (зелена стрілка); тінь середостіння зміщено вправо (синя товста стрілка); формування ателектаза (біла стрілка); округла повітряна порожнина «була» (фіолетова стрілка)

Як видно на контрольній рентгенограмі, на 12-ту добу після поранення у постраждалого Т., 52 р., з торакоабдомінальним правобічним пораненням визначалося збільшення серця, високе стояння правого купола діафрагми та інфільтрація базальних відділів правої легені.

На 22-гу добу після поранення на фоні дифузних інфільтративних змін в правій легені утворився ателектаз та повітряна порожнина, як наслідок перенесеного запального процесу та забою легень.

Важливою візуально-балістичною знахідкою у постраждалих із БТ різної локалізації та умов локації була наявність вільної або осумкованої порожнинної рідини чи випотів. Тому важливого значення надавала інформативному, мобільному методу медичної візуалізації – прицільній ехографічній візуалізації маркерів бойових ушкоджень та розширеному невідкладному ультразвуковому обстеженню, з подальшим контрольованим лікувально-діагностичним втручанням.

6.10. Значення скороченого FAST-протоколу, розширеного невідкладного ультразвукового обстеження (модифікований FAST-протокол, EFAST-протокол) для надання госпітальної допомоги та госпітального лікування

На сьогодні у світовій медицині застосовують багато варіантів екстреного ультразвукового обстеження – FAST-протоколу, що відрізняються у зонах сканування та послідовності, але базуються на локації маркерів ушкодження – «вільної рідини» та газу у чотирьох основних та додаткових зонах огляду (додатки А87, А88). Діагностуються: гідроперитонеум, гідроторакс, гідроперикардіум (субкостальний, парастернальний, апікальний доступ), пневмоторакс, респіраторний рух легені. У сумнівних випадках гідроперитонеума додатково сканувалися міжкишкові кишені, правий та лівий фланки живота. За розширеним FAST-протоколом передбачалася діагностика: 1) пневмоперитонеума (у чотирьох стандартних ділянках дослідження);

2) кількісна оцінка рідини у трьох порожнинах: грудній, черевній, перикарді; 3) оцінка пневмотораксу за визначенням «точки легені»; 4) модифікована проба Зельдовича для діагностики ушкодження сечового міхура; 5) стану нижньої порожнистої вени (НПВ), як маркера гіповолемії, напруженого пневмотораксу, тампонади серця; 6) стану черевного відділу аорти, як головної еластичної судини черевної порожнини [141, 150, 162]. Розширений FAST-протокол виконувався у стабільному стані постраждалого, при моніторинговому обстеженні. За нашим досвідом український модифікований варіант FAST-протоколу [150], що передбачав вісім обов'язкових ділянок сканування з використанням додаткових кардіальних, пульмональних та абдомінальних локацій, успішно застосовувався на всіх РМЗ [31, 45, 91, 92, 141, 162]. УЗД починалося з дослідження найглибшої западини черевної порожнини, з подальшим за часовою стрілкою локацій датчиком. При невідкладному УЗД у постраждалих із ушкодженням порожнистих органів або у випадках післяопераційних станів (лапароскопія, лапаротомія, інші хірургічні втручання) візуалізувався вільний газ у черевній порожнині з латеропозиції (рис. 6.23).

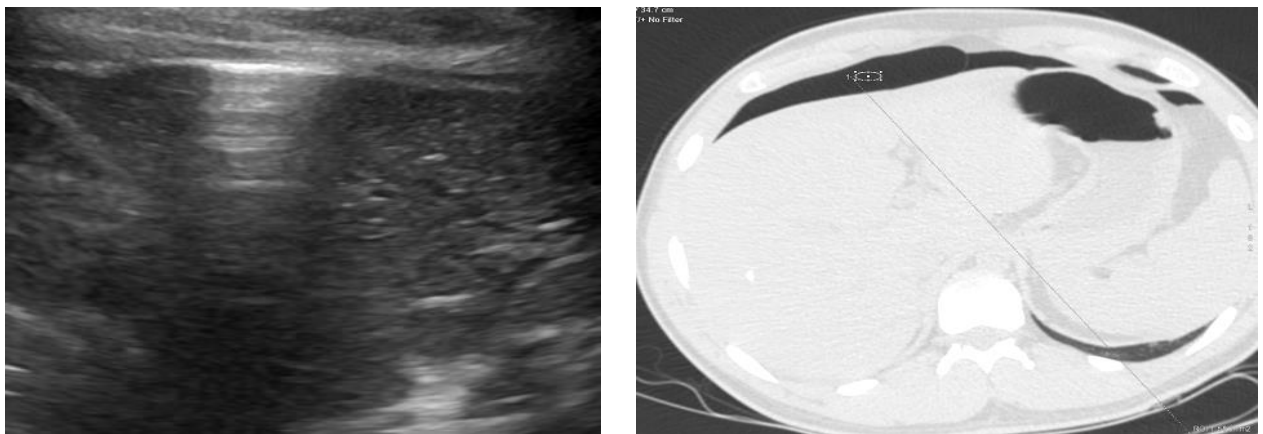


Рис. 6.23. Післяопераційний пневмоперитонеум: верифікація газу в черевній порожнині (УЗД та МДКТ)

Як видно з рис. 6.23, ознаки пневмоперитонеума були наступні: підсилення парієтальної смужки, асоційоване з ревербераційними артефактами «хвіст комети», патологічні А-лінії, Е-лінії, білі плями, феномен зміщення газу при повороті тіла (латеропозиція), симптом «ножиць», міхурці газу у рідині. Зіставлення ехографічної ознаки феномена зміщення газу при латеропозиції

з комп'ютерно томографічним визначенням рентгенівської щільності анехогенної зони (газу), – 986 од. НУ подано на рис. 6.23. Засобом регулювання комп'ютерно-томографічних цифрових діагностичних зображень по яскравості та контрастності було вікно візуалізації, що дозволило оптимально відобразити на моніторі станції діапазон структур залежно від щільності з визначенням показника рентгенологічної щільності. Саме для цього призначена шкала щільності (шкала Хаунсфільда), яка включає 4096 значень від – 1024 до +3071 одиниць (од.) Хаунсфільда (НУ) і вище [6, 16, 48]. Для діагностики пневмоперитонеума виконувалися локація епігастральної ділянки крізь передню черевну стінку в положенні на спині – газ накопичувався між черевною стінкою і кишківником – симптом підсилення парієтальної смужки. При локації у положенні на лівому (правому) боці – газ накопичувався між печінкою (селезінкою) та грудною стінкою – симптом підсилення парієтального листка очеревини. На передовому (мобільному) етапі важливе значення мала візуалізація НПВ, визначення її розміру та қава-аортального ехографічного індексу (рис. 6.24).

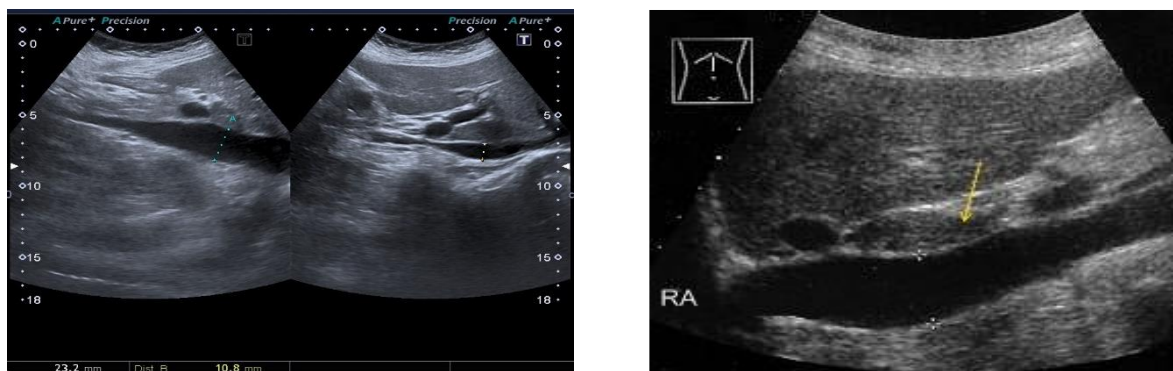


Рис. 6.24. Ехографічна оцінка стану нижньої порожнистої вени (НПВ)

Як видно з рис. 6.24, у постраждалих легкого та середнього ступеня тяжкості НПВ на вдиху спадалася на 40–50 %. У разі критичного стану (гіповолемічний шок, тампонада серця, інші стани) діаметр вени був розширений більше 20–22 мм. У постраждалих легкого ступеня при поздовжньому скануванні діаметр НПВ на видиху не перевищував 20 мм. На вдиху спостерігався інспіраторний колапс – звуження просвіту судини до 50 %. Колапс НПВ зі зменшенням діаметра до 9 мм, корелював із гіповолемічним шоком і був

ймовірним критерієм масивної внутрішньої кровотечі. Дилатація НПВ більше 20 мм та відсутність її звуження на вдиху була індикатором підвищеного тиску у правому передсерді та візуальною ознакою тампонади серця або напруженого пневмотораксу (рис. 6.25). Як видно з рис. 6.25, у постраждого з БТ томографічно діагностовано напружений пневмоторакс, проведена пункція та встановлений дренаж. В передопераційному періоді постраждалому проведена масивна гемотрансфузія, а у післяопераційному стані на контрольній рентгенограмі органів грудної клітки на видиху діагностовано пневмоторакс (голуба стрілка).



Рис. 6.25. Візуальний контроль пневмотораксу в динаміці. Рентгенограма пневмотораксу на видиху (голуба стрілка). Рентгенограма пневмотораксу на вдиху. Колапс правої легені. Напружений пневмоторакс. Дистальний кінець дренажа проведений через VII міжребер'я, візуалізований в проекції правої легені (стрілка)

Діаметр НПВ не змінювався на вдиху та видиху, був сталим 25 мм, що можна враховувати як візуальний показник напруженого пневмотораксу. Візуальний контроль НВП проводився у сагітальній площині сканування постраждого в епігастральній ділянці з відхиленням променя праворуч (III ділянка огляду – під мечоподібним відростком по серединній лінії), або парасагітальним скануванням вздовж осі НПВ. Крім цього, звертали увагу на внутрішню яремну вену (ВЯВ). Візуальна ознака колабування ВЯВ (не спадалася на вдиху) допомогала діагностувати гіповолемію при відсутності центрального венозного катетера, або дефекті його розташування. Наші зарубіжні колеги, пропонували до FAST-протоколу та EFAST-протоколу включити оцінку НПВ та ВЯВ як частину оцінки гіповолемії після травми, особливо під час догоспітальної допомоги при сортуванні поранених [3, 316, 350, 384, 393], що також було нами

враховано, але мало деяку особливість. Застосування ультразвуку при травмі шляхом цілеспрямованої оцінки маркерів ушкодження (скорочений FAST-протокол) включено до первинного обстеження та реанімації в посібнику ATLS [188, 315]. У розширеному FAST-протоколі, EFAST-протоколі у разі підозри на тампонаду серця використовувалися класичний субкостальний, парастернальний та апікальний доступи, а також сагітальний і парасагітальний доступ у епігастральній ділянці для сканування НПВ та черевного відділу аорти. Необхідність і можливість використання променевих методів дослідження залежала від характеру отриманої травми та ступеня важкості стану постраждалого. У постраждалих у критичних ситуаціях візуальні методи (РГ, УЗД) застосовувалися обмежено. Виявлення ушкоджень, їх ускладнень ґрунтувалося на даних клінічної картини й особистому візуальному досвіді, етапності візуального контролю. В обсязі FAST-протоколу, сортувального УЗД для розуміння ехоанатомії, гемодинаміки розглядалася сонографічна оцінка черевної аорти та її гілок, із переднім доступом та розміщенням датчика субксіфойдально, від рівня діафрагми до біфуркації.

Медична візуалізація черевної аорти включала її візуалізацію у сагітальному та аксіальному зрізах, що відповідало діаметра 20–22 мм. У випадку звивистого ходу аорти цей розмір оцінювали вздовж довгої осі судини. Постраждалі з діаметром аорти < 25 мм мали низький ризик розвитку аневризми. Ознаки тампонади серця були наступні: 1) рідина в порожнині перикарда; 2) діастолічний колапс стінки правого передсердя та/або правого шлуночка; 3) дилатація НПВ із відсутністю зміни діаметра судини на вдиху або недостатнім зменшенням діаметра на вдиху (< ніж на 50 %); 4) співвідношення передньо-заднього розміру НПВ та черевного відділу аорти $\leq 0,8$; 5) посилення респіраторних варіацій транстрикуспідального та трансмітрального потоків при доплерівському дослідженні (не виконувалося у критичних ситуаціях).

Кардіологічні доступи використовувалися у випадках електро-механічної дисоціації, коли пульс не визначався на периферичних судинах, але реєструвалася електрична активність серця – РЕА (*pulseless electrical activity*).

Причинами були: тампонада серця, гіповолемічний шок (гостра масивна крововтрата), напружений пневмоторакс. Із застосуванням УЗД у постраждалих із кардіальними та пульмональними критичними станами визначали об'єм торакальних порожнинних випотів (плеврального, перикардіального) (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Волюмометрія перикардіального випоту

Ехографічна ознака/вітальна оцінка об'єму	Товщина рідинної (анехогенної) смужки, мм	Об'єм перикардіального випоту, V см ³ , або мл
Невеликий	5–10	100–250
Помірний	10–20	250–500
Великий	> 20	> 500

Інтерпретацію візуального контролю із застосуванням розширеного FAST-протоколу, EFAST-протоколу у поранених, травмованих із нестабільною гемодинамікою при локації серцевих та легневих ділянок огляду представлено на рис. 6.26.



Рис. 6.26. Схема-алгоритм ехографічного візуального контролю у постраждалих з нестабільною гемодинамікою

Кількісний аналіз маркерів бойових ушкоджень був нелегким, складним, але водночас важливим елементом розширеного FAST-протоколу, що за розрахунковим об'ємом крововтрати і пневмотораксу дозволило оптимізувати лікувально-діагностичну тактику поранених, травмованих із БТ. Кількісна оцінка гемотораксу включена не тільки в розширений FAST-протокол, а також у технічні, методичні прийоми різних ультрасонографічних протоколів у пацієнтів із гострими та невідкладними станами [225, 435].

Встановлено, що ехографічний візуальний контроль локації плеврального випоту наступний: 1) вільна рідина; 2) обмежена рідина; 3) планування торакоцентезу, біопсії, встановлення торакостоми; 3) проведення плевральної пункції під УЗ-контролем; 4) оцінка рухливості діафрагми при ушкодженні, торакоабдомінальних пораненнях, при підозрі на параліч діафрагми, що також відображено у публікаціях наших партнерів [46, 252, 378]. На кількісну візуальну оцінку об'єму рідини в плевральній порожнині вплинуло багато факторів, а саме: розмір грудної клітки, характер рідини, що розподілилася по площі (кров, трансудат, ексудат, інший характер), положення постраждалого при вимірюванні (вертикальне, лежачи на спині, лежачи на боку), що також відповідало даним наших колег [197, 229, 283, 360]. При вертикальному положенні пораненого, травмованого об'єм гідротораксу (гемотораксу) визначався за анатомічними орієнтирами, що використовуються при рентгенографії: а) малий (до 500 мл) – кров займала тільки плевральний синус; б) середній (від 500 до 1000 мл) – кров досягала кута лопатки; в) великий (від 1000 до 1500 мл) – кров досягала II–III ребра; г) тотальний (понад 1500 мл) – кров займала всю плевральну порожнину. Задля впровадження передового досвіду наших партнерів використовувалися різні методи визначення об'єму плевральної рідини, але найбільш вдалимими були за формулою Balik (рис. 6.27) [141].



Рис. 6.27. Ехограма вимірювання за формулою Balik $V \text{ (мл)} = S \text{ (мм)} \times K$:

- $V \text{ (мл)}$ – об'єм рідини в порожнині плеври;
- $S \text{ (мм)}$ – максимальна товщина шару рідини по задній аксиллярній лінії (відстань між легенею та задньою поверхнею грудної стінки, міжплевральна відстань) (голуба стрілка). $K=20$ (коефіцієнт); для постраждалих з недовогаю $K=10$; наприклад сепарація листків 40 мм \times 20=800 мл гемотораксу.

Споріднений, апаратний метод, порівняльний з томографічними даними – допустимо вимірювати сидячи або лежачи. Виводяться на моніторі два екрани: на першому екрані – повздовжнє сканування з максимальною довжиною анехогенного вмісту; на другому екрані – поперечне сканування з вимірюванням двох розмірів візуалізованої рідини; підставляємо у формулу $\text{Vol (ml)} = L_1 \times L_2 \times L_3 \times \pi/6 \text{ (0,523)}$.

Для кількісної візуальної оцінки «вільної рідини», порожнинних випотів (абдомінальних, ретроперитонеальних, пельвікальних) та «затьоків» застосовували діагностичні прийоми розрахунків: 1) при наявності критичного об'єму «вільної рідини» 500 мл та більше в одній анатомічній ділянці розходження листків очеревини складало ≥ 40 мм, у двох ділянках ≥ 20 мм, у трьох ділянках ≥ 10 мм; 2) вимірювалася товщина шару рідини у кишені Морісона 2–3 мм, що відповідало гемоперитонеума 250 мл, товщина шару 5 мм і більше – 500 мл; 3) для визначення об'єму локальних скупчень рідини в черевній порожнині зіставляли площу анехогенної ділянки з площею найбільшого зрізу паренхіматозних органів, об'єм яких відомий (середній об'єм незміненої нирки становить 250–300 см³, середній об'єм незміненої селезінки – 200–250 см³). Мінімальна кількість рідини у черевній порожнині, що визначалася

при УЗД, була 50–100 мл. Візуалізація рідини у здухвинній ямці була у мінімальному об'ємі 2–5 мл.

Важливим візуальним маркером бойових ушкоджень абдомінальної, торакальної, цервікальної локалізації був пневмоторакс. При частковому пневмотораксі з неповним колапсом легені у точці пневмотораксу парієтальна і вісцеральна плевра розділялася повітрям, водночас в іншій частині вони прилягали, відбувалося «ковзання легені» – плевральних листків. Місце, що розділяло зону пневмотораксу і зону «ковзання легені», визначилося точкою легені (*lung point*). На вдиху листки плеври прилягали один до одного, на видиху були розділені прошарком повітря.

МДКТ – високочутливий метод у виявленні повітря та рідини в порожнинах тіла та проникних пораненнях м'яких тканин тіла (мозок, скелет, м'язи, хребтовий канал). Характеристика експертної інформативності променевого методу візуалізації пневмотораксу представлена у додатку А90. Візуально-модельні орієнтири локації «точки легені» у постраждалих із БТ з візуальною ознакою пневмотораксу/гемопневмотораксу представлено на додатку А90 для діагностичного зіставлення орієнтирів локацій пневмотораксу. Більшість випадків діагностики пневмо/гемотораксу під час сортування постраждалих або візуального спостереження (моніторингу) в післяопераційному періоді проводилося у горизонтальному або напіввертикальному положенні тіла. У горизонтальному положенні постраждалого виконувалося сканування легені з послідовним пересуванням датчика від передніх відділів грудей до задніх із локалізацією точки легені (додаток А90). Пояснення акустичних феноменів локацій пневмотораксу після візуально-модельного зіставлення наступні: 1) малий пневмоторакс – повітря у невеликій кількості накопичувалося тільки під передньою грудною стінкою; 2) середній пневмоторакс – «точка легені» визначалася на рівні середньої аксилярної лінії; 3) великий пневмоторакс – «точка легені» розташовується по задній аксилярній лінії або зовсім не визначалася – повітря займало всю плевральну порожнину. При обмеженні часу, сканування проводилося тільки під

передньою грудною стінкою у II–III міжреберних проміжках і відразу в V–VIII по середній аксиллярній лінії, що поділяло пневмоторакс на малий і великий.

Консенсусне обґрунтування УЗД легень у постраждалих із невідкладними станами, в умовах пандемії COVID-19 [227, 244] ефективно застосовувалося у постраждалих із БТ, що доповнило розширений FAST-протокол із легеневими локаціями. УЗД легень було методом візуалізації легеневої паренхіми, який не замінив та не виключив рентгенографію, МДКТ легень. Ехографічний метод відрізнявся високою чутливістю у виявленні інтерстиціальних змін і консолідації легеневої тканини в субплевральних відділах, але не дозволив остаточно визначити причину виникнення чи розповсюдження процесу. Для важкопоранених, травмованих було обмежене положення тіла – горизонтальне або напівгоризонтальне, тому це включало передню позицію локацій по серединній лінії живота, парастернальній лінії, або середньо-ключичній лініям, а задні паравертебральні лінії були обмежені. При обстеженні у вертикальному або сидячому положенні ультразвуковий протокол сканування легень у стабільних постраждалих включав зони сканування (три задні, дві бокові, дві передні з кожної сторони). Для лежачих постраждалих при обстеженні в напівгоризонтальному положенні локація уражень нижніх відділів легень обмежувалася скануванням паралельно реберним дугам праворуч із акустичним вікном правої частки печінки. Лівобічна локація уражень нижніх відділів лівої легені досягалася скануванням по середніх та задніх аксиллярних лініях ліворуч. У всіх зонах сканування розміщували датчик вздовж міжреберних проміжків для забезпечення максимального поля зору. При обмеженні діагностичного часу і для прискорення діагностики протокол передбачав не переміщення датчика вздовж усього міжребер'я, а локацію лише у вибраній доступній зоні, орієнтуючись на вертикальні чи горизонтальні лінії тіла. При ехоскануванні органів черевної порожнини з легеневими доступами, або виключно легеневий протокол обстеження передбачав візуалізацію незміненої легені, яка не мала акустичних артефактів. Візуалізація легеневої тканини починалася у разі безповітряної легені або її консолідації. При УЗД не візуалізувалися судини,

бронхи, міждольова плевра, як орієнтири дольової та сегментарної анатомії легені при рентгенологічному, томографічному скануванні.

Ехограми зміненої легеневої паренхіми внаслідок ВТЛ з акустичними артефактами: 1) нечітка, переривчаста, локально чи дифузно потовщена, акустично ущільнена плевральна лінія; 2) «точка легені» може співпадати з В-лініями легені, або не диференціюватися; 3) збільшення візуальної площі зображення субплевральних відділів контузуї легені; 4) збільшення В+ ліній, поява Z-ліній; 5) дифузна однорідність або локальна неоднорідність легеневої паренхіми; 6) зниження еластичності легені; 7) гідроторакс на стороні контузуї (рис. 6.28).

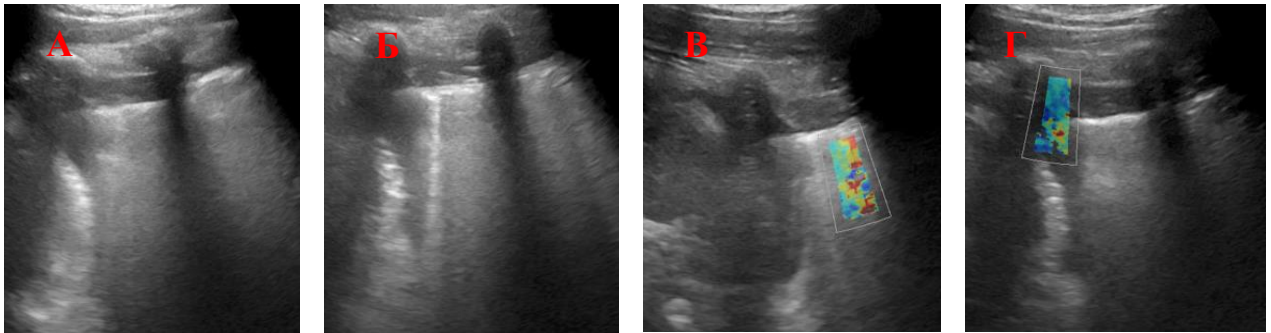


Рис. 6.28. Сержант Б., 24 р. Вибухова травма в бронежилеті. Закрита торакоабдомінальна травма з розривом брижі висхідної кишки. Анамнез БТ. Мінометний обстріл. Знаходився у бронежилеті та захисному шоломі. Візуальний контроль ІV РМЗ. УЗД легень (лежачи середня та задня аксиллярні лінії): А – субплевральні відділи правої легені; 2В+лінії; нерівномірне потовщення плевральної лінії, ретикулярні зміни правої легені. Б – ділянка консолідації правої легені, одна В-лінія, співпадіння з «точкою легені». В – СЕГ легені 28 кПа (зниження еластичності правої легені). Г – малий гідроторакс, СЕГ плеврального випоту 7 кПа (транссудат)

ВТЛ (часто в бронезахисті грудної клітки) виникала при дії вибухової хвилі високоенергетичного боєприпаса, а тяжкість травми залежала від відстані до контакту з хвилею на місцевості (закрита територія чи відкрита). ВТЛ були без перелому реберно-грудинного каркаса або супроводжувалися переломами ребер, проте емфізема м'яких тканин грудної клітки як візуальна ознака була завжди (рис. 6.29).

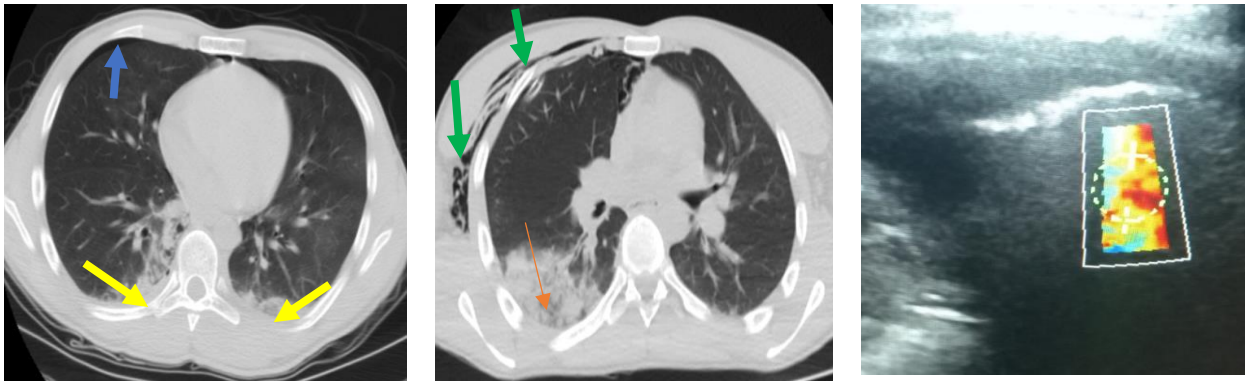


Рис. 6.29. Вибухова травма легені, забронева травма легень. Забій легень. Малий пневмоторакс праворуч (голуба стрілка); альвеолярна консолидація, інфільтрація базальних сегментів обох легень (жовта стрілка). Посттравматична інфільтрація нижньо-базальних відділів правої легені (помаранчева стрілка); підшкірна емфізема грудної клітки (зелена стрілка). Ехосонографічна ознака консолидації правої легені (контузія), СЕГ легеневої паренхіми Е 30 кПа

Ехолокація перелому ребер, груднини – важлива візуальна ознака при пошкодженні бронежилета внаслідок високої амплітуди ударної хвилі при застосуванні авіаційного озброєння або розповсюдження великої фракції осколків від модифікованих боєприпасів і патронів(рис. 6.30). У постраждалого з ВТЛ визначилися візуальні ознаки контузії легені, ушкодження кісток скелета грудної клітки, множинні переломи ребер, груднини з подальшим розвитком остеомієліту та норичь, (дефектом кісткової тканини), множинні забійні ділянки м'яких тканин підребер'я та попереку.

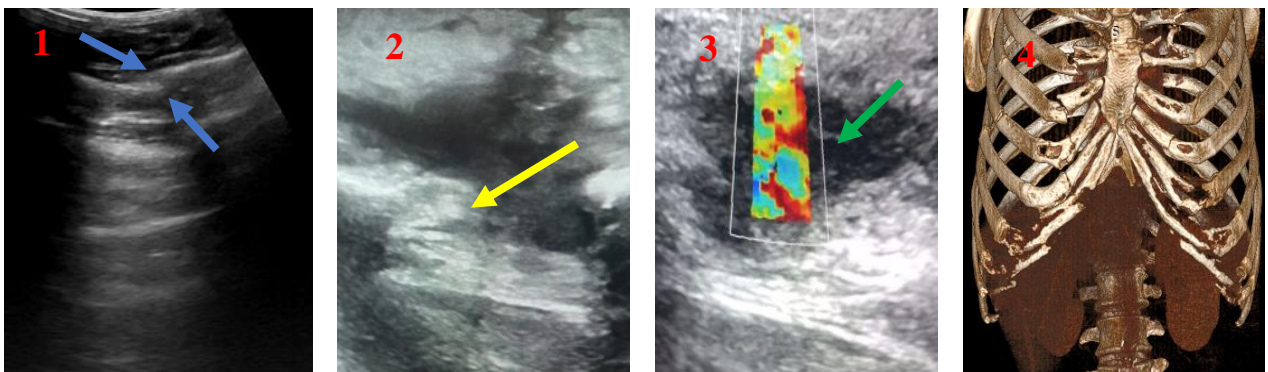


Рис. 6.30. Постраждалий С., 43 р. Вибухова травма грудної клітки. Множинні переломи ребер, груднини. Післятравматичний пульмоніт. Остеомієліт ребер. Візуальний контроль ІV РМЗ: 1, 2, 3 – УЗД грудної клітки. Перелом ребра (голуба стрілка). Остеомієліт ребра, норичья грудної клітки (жовта стрілка). СЕГ гнійної порожнини Е 29 кПа (зелена стрілка); 4 – МДКТ 3D реконструкція

Крім дифузних контузійних змін легень, УЗД застосовувалося у постраждалих із БТ з інфекційними ускладненнями, які визначалися при різних локалізаціях БТ. У повідомленнях авторів про переваги УЗД виділяють наступні: 1) приліжкове застосування; 2) відсутність променевого навантаження; 3) моніторинг в динаміці запального інфільтрату та інші переваги [191, 344, 355], що також у нашому дослідженні підтверджено. Ехографічний візуальний контроль легневих інфекційних ускладнень БТ різної локалізації подано на рис. 6.31, 6.32.

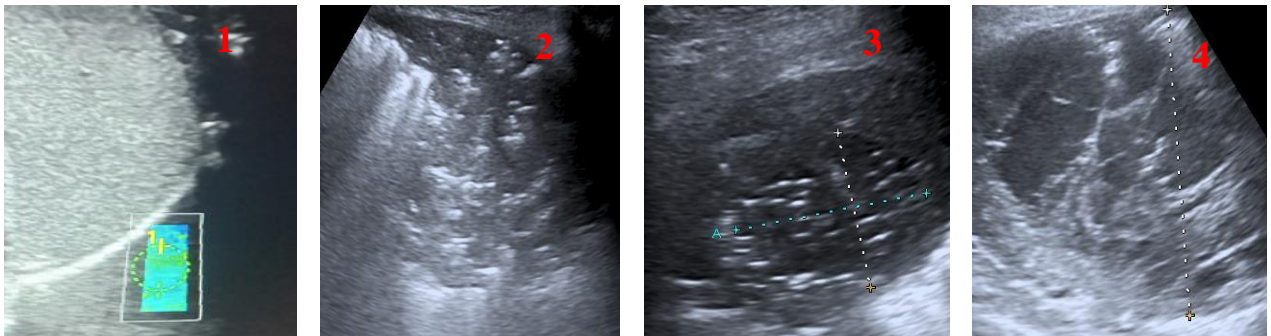


Рис. 6.31. Візуальний контроль вогнищевих та дифузних змін легень: 1 – ехонорма СЕГ легені Е 8 кПа; 2 – пневмонія; 3 – абсцес легені; 4 – емпієма плеври

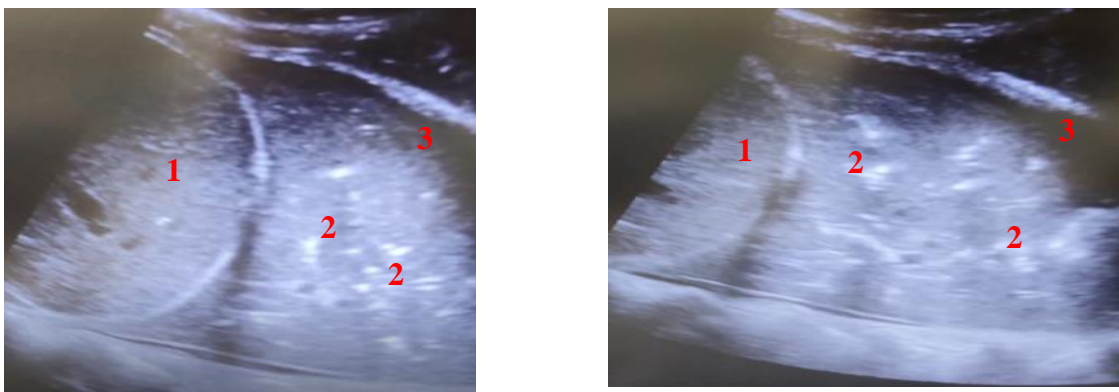


Рис. 6.32. Поєднане скелетно-абдомінальне поранення. Тотальна пневмонія. Візуальний контроль УЗД: 1 – селезінка; 2 – консолідація субплеврального відділу лівої легені, аеробронхограма, ателектази; 3 – малий гідроторакс

Як видно на рис. 6.31, 6.32, ехографічний та соноеластографічний методи діагностики патологічних змін легеневої паренхіми дозволили розрізнити дифузні та вогнищеві зміни. Легенева паренхіма з патологічним процесом

характеризувалася перевагою гіперехогенних артефактів, що відповідало відбиттю ехохвиль від повітря в субплевральних відділах.

Проте, УЗД легень в розширеному FAST-протоколі, EFAST-протоколі мало багато методичних обмежень та верифікаційних недоліків: 1) надмірна товщина і анатомічна особливість будови підшкірно-жирової клітковини, що призводило до значного поглинання і розсіювання ехохвиль та затухання їх у м'яких тканинах грудної стінки; 2) недоступність патологічних змін у центральних відділах легень, тому що дані відділи не прилягали до вісцеральної плеври; 3) вогнепальні переломи кісткових структур (груднини, кісткові відділи ребер, хребет) за рахунок їх зміщення; 4) СТНВП (АЗФ, шини), які накладалися на верхню кінцівку, ключицю; 5) післяопераційні або інфільтративні зміни анатомічних структур верхнього плечового пояса; 6) недоступні для візуалізації патологічні вогнища ≤ 20 мм; 7) емфізема м'яких тканин грудної клітки; 8) пневмоторакс у проєкції патологічного процесу при локації на грудну стінку.

Після проведення розширеного FAST-протоколу, EFAST-протоколу на всіх РМЗ результати обстеження використовувалися для первинного сортування постраждалих незалежно від домінуючого БУ за схемою (додаток А90). За рахунок позитивного результату FAST-протоколу на РМЗ схема розширювалася.

Ультразвуковий часовий діагностичний моніторинг після виконання FAST-протоколу: 1) сумнівний результат FAST-протоколу при стабільній гемодинаміці – термін виконання: 1–6–12 год; 2) наявність предикторів внутрішньої кровотечі: гематоми паренхіматозних органів, переломи кісток таза, переломи IX–XII ребер, перелом хребта, гіпотензія, зниження гемоглобіну та гематокритного числа, гематурія, інтенсивний больовий синдром – моніторинг через 1 год. При сумнівному результаті пріоритет надавався інструментальним інвазивним методам діагностики; 3) негативний результат FAST-протоколу при відсутності предикторів кровотечі і стабільній гемодинаміці – моніторинг через 12 годин. Для підвищення інформативності ультразвукових обстежень враховували анамнез бойової травми, застосування ЗІЗ (захисний шолом,

бронезилет), скарги постраждалих, або супроводжуючих осіб, стан свідомості, вітальні функції, а також окремі клінічні завдання фахівців із травми.

Візуальні ознаки БУ незахищених ділянок фаціальної, орбітальної, цервікальної та інші відкриті АФЗ тіла у постраждалих визначалися на УЗД (рис. 6.33).

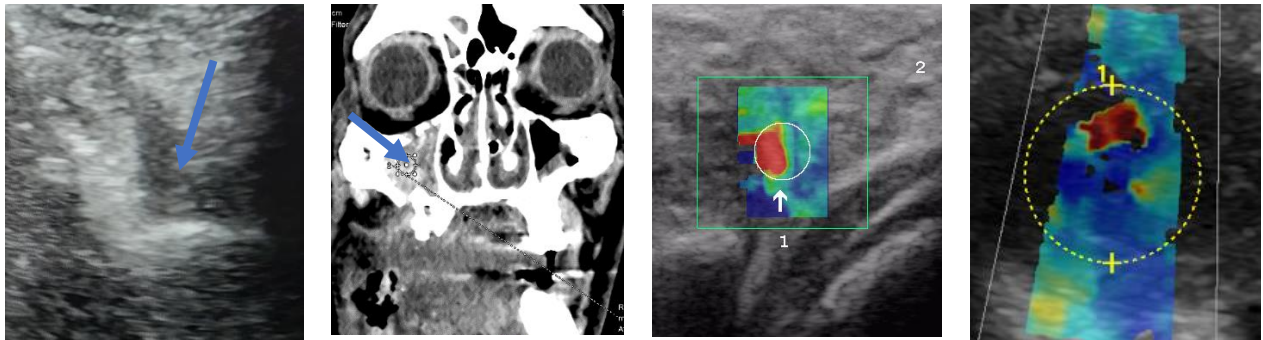


Рис. 6.33. Медико-візуальне застосування сонографії, соноеластометрії. Максильярний гемосинус. УЗД. МДКТ, щільність 58 од. НУ (голуба стрілка): 1 – осколок максильярного синусу, СЕГ 37 кПа; 2 – набряк м'яких тканин щоки. Осколок очного яблука (1). СЕГ 42 кПа

У стабільних постраждалих застосовували МДКТ з контрастуванням та в нативному режимі з метою визначення тяжкості та ступеня ушкодження органів, виключення кровотечі, верифікації джерела кровотечі, локації СТВП, СТНВП, прогнозування їх міграції та інших діагностичних завдань.

Перші повідомлення наших зарубіжних колег (Farkash U., Score A.) були присвячені посмертній МДКТ, яка вважалася «золотим стандартом ретроспективної оцінки», діагнозу та лікування постраждалих із БТ у разі неможливості проведення розтину, а також для візуальної аутопсії травми [248]. На сьогодні в світовій медичній практиці показання до застосування МДКТ значно розширилися. Отримані діагностичні результати були застосовані як медико-візуальна аутопсія БУ, особливо проникних поранень тіла, а діагностична інформація прирівнялася до результатів патологоанатомічного розтину. Тому нативна МДКТ, або з контрастним підсиленням, проводилася постраждалим за життєвими показаннями, з поліорганною недостатністю, що й визначило даний променевий метод як «безпечний стандарт» вітальної діагностики БУ та їх ускладнень, інших патологічних станів.

6.11. Прикінцеві положення до розділу 6

Перші повідомлення про український досвід організації роботи відділення променевої терапії цивільного закладу в умовах збільшення потоку пацієнтів із зони АТО були наприкінці 2015 р. [152]. У статті професор В. П. Старенький повідомляв, що у періоди інтенсивних бойових дій під час АТО санітарні втрати досягали 100 та більше осіб за добу, що призводило до затримки надання діагностичної допомоги, загибелі частини поранених, травмованих, а також зростання кількості ускладнень у тих, які вижили. До початку повномасштабної війни періоди бойових дій характеризувалися низькою інтенсивністю з періодичними загостреннями. Це дозволило своєчасно проводити медичну евакуацію, наближати спеціалізовану медичну допомогу до поля бою, залучати підготовлених, зі знаннями невідкладної сонографії та рентгенографії БТ фахівців за рахунок ВМКЦ регіонів, НВМКЦ «ГВКГ», цивільних закладів охорони здоров'я та НАМН України. На власному бойовому досвіді професори І. П. Хоменко, А. В. Верба, Я. Л. Заруцький довели, що основними недоліками надання хірургічної допомоги на ЕМЕ були: перевищення обсягу хірургічної допомоги, проведення нерадикальної хірургічної обробки із залишенням нежиттєздатних тканин, часткова або неповна хірургічна обробка, накладання первинних швів після завершення ПХО. Летальні випадки серед поранених були пов'язані з важкими пораненнями і травмами несумісними із життям. Тому застосування сучасних та споріднених методів візуалізації (РГ, УЗД), МДКТ, інших променевих методів підвищило ефективність діагностики БУ для покращення хірургічного лікування у поранених, травмованих, що дозволило знизити рівень ускладнень, летальності та зменшити інвалідизацію. На час повномасштабної російсько-української війни військове та цивільне керівництво держави були повністю підготовлені до вирішення проблемних питань лікування та діагностики.

З урахуванням прорахунків та набутого досвіду проведення медичних оглядів під час мобілізації у Міністерстві оборони України, опрацьовані зміни та доповнення до Положення про військово-лікарську експертизу в Збройних

Силах України, які відображені у Наказі Міністра оборони України від 14.08.2008 року № 402 «Про затвердження Положення про військово-лікарську експертизу в Збройних Силах України». Протокольне рішення наради в Адміністрації Президента України щодо покращення стану медичного забезпечення в зоні ведення бойових дій вимагало посилення контролю за повнотою та якістю проведення медичних оглядів. Це, в свою чергу, змусило керівництво медичних закладів закупити сучасні цифрові рентгенівські прилади як для первинного огляду, так і експертного рішення. За сприяння волонтерів були закуплені портативні та стаціонарні ультразвукові прилади та розміщені у військових та цивільних медичних закладах для медичної візуалізації БУ, ускладнень та інших причин. Задля удосконалення змісту навчального процесу в УВМА створена навчальна медична рота для підготовки санітарів інструкторів, а професором М. І Бадюком. впроваджено в практику Стандарт підготовки ВС з тактичної медицини [8, 74]. Також у напрямку удосконалення та навчання хірургів у ВМГ, ПХГ навикам проведення невідкладного УЗД був направлений викладач кафедри військової хірургії професор Е. В Світличний. [141, 162]. Ультразвуковий та рентгенологічний методи МВБГ застосовувалися з екстреною, сортувальною, діагностичною, експертною метою у поранених, травмованих в післяопераційному періоді, без ризику відтермінування хірургічних втручань або одночасно з невідкладними реанімаційними заходами, інтервенційними втручаннями. Особливе значення мала рентгенологічна діагностика СТВП (куль, металевих осколків, сталевих оболонок та фрагментів боєприпасів) для їх первинної візуально-балістичної ідентифікації при плануванні оперативних втручань та залученні піротехнічної служби, саперів.

Матеріали розділу відображені в наступних наукових публікаціях [6, 32, 37, 41, 42, 45, 46, 48, 51, 54, 57, 58, 87, 88, 91, 92, 140, 159, 161, 163, 174, 175, 297, 298]:

1. Світличний Е. В., Гречаник О. І. Ультразвукова діагностика травми та її ускладнень – К.: СПБ Чапчинська Н.В., 2016. – 216 с.

2. Хоменко І. П., Світличний Е. В., **Гречаник О. І.** Екстрені ультразвукові обстеження при травмі FAST-протокол: навч. посіб. Київ: «Видавництво Людмила», 2018. – 66 с.

3. Хоменко І. П., **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Казмірчук А. П., Цвігун Г. В., Кулікова Ф. Й., Красільников Р. Г., Савка І. С., Алексеєва Н. Б. Рентгенологічна діагностика бойової хірургічної травми: метод. рек. Київ: МП Леся, 2018. – 40 с.

4. **Гречаник О. І.**, Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Гречаник М. І., Біла О. О., Слесаренко Д. О. Атлас променевої діагностики бойової травми живота : атлас. Харків : Факт, 2023. 212 с.

5. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Дикан І. М., Ніцак Н. В., Слесаренко Д. О., Гречаник М. І. Медична візуалізація сторонніх тіл у постраждалих з бойовими ушкодженнями живота. *Досягнення воєнно-польової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій* : матеріали XVI з'їзду військових хірургів та анестезіологів України (м. Київ, 21–22 жовт. 2022 р.). Укр. журн. військової мед. 2022. Т. 3, додаток 2. С. 25–27.

6. Кулікова Ф. И., **Гречанык Е. И.**, Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Лучевая диагностика боевой хирургической травмы (Лекция I. Обзорная тактика применения лучевых методов диагностики боевой хирургической травмы). *Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии* : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. 27–28.

7. Кулікова Ф. И., **Гречанык Е. И.**, Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Особенности проведения неотложного рентгенологического исследования при боевой травме (лекция 2). *Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии* : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. 29–30.

8. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Хоменко І. П., Ермілова О. В., Вереш Д. Б. Ультразвукова та рентгенологічна діагностика бойової торакальної і торакоабдомінальної травми. *Актуальні питання ультразвукової діагностики* : тези наук.-практ. конф. з міжнар. участю Української асоціації фахівців

ультразвукової діагностики (УАФУД) та школа-семінар (с. Сергіївка Одеської обл., 8 черв. 2017 р.). Радіол. вісник. 2017. № 3–4 (64–65). С. 49–50.

9. **Гречаник О. І.**, Красільников Р. Г., Кот З. М. Деякі питання променевої діагностики бойової травми на прикладі медичного забезпечення АТО. *Сучасні тенденції розвитку медичної науки та медичної практики* : зб. тез наук. робіт учасників міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 25–26 груд. 2015 р.). Львів : ГО «Львівська медична спільнота», 2015. С. 27–29.

10. **Гречаник О. І.**, Касьян О. В., Цибенко Л. Д. Роль ультразвукової ангіографії порталльної системи у інфекційних хворих. *Досягнення медичної науки як чинник стабільності розвитку медичної практики* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 19–20 квіт. 2013 р.). Дніпропетровськ, 2013. С. 43–45.

11. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями живота (за досвідом АТО/ООС) : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Херсон : Олді+, 2022. – 194 с..

12. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями грудей : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Тернопіль : ТНМУ «Укрмедкнига», 2023. – 235 с..

13. Атлас бойової хірургічної травми (досвід антитерористичної операції/операції об'єднаних сил) / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Харків : Колегіум, 2021. – 385 с.

14. **Гречаник О. І.**, Герасименко О. С., Абдуллаєв Р. Я., Лурін І. А., Гуменюк К. В., Негодуйко В. В., Слесаренко Д. О., Алексеєва Н. Б., Сюдмак М. С. Клініко-діагностичні аспекти вогнепальних поранень порожнистих органів живота (досвід АТО/ООС). Харківська хірургічна школа. 2021. № 5–6 (110–111). С. 71-81. DOI:<https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2022.13>.

15. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Романюк Ю. А., Красільников Р. Г., Бубнов Р. В. Можливості комплексної ультразвукової діагностики вогнепальних поранень кінцівок. Міжнар. мед. журн. 2016. Т. 22, № 3 (87). С. 88–92.

16. **Гречанык Е. И.**, Абдуллаев Р. Я., Бубнов Р. В. Ультразвуковая диагностика повреждений периферических нервов при боевой травме. *Міжнар. мед. журн.* 2016. Т. 22, № 2 (86). С. 96–100.

17. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Я., Світличний Е. В., Бубнов Р. В., Красільников Р. Г. Можливості ультразвукової діагностики бойової хірургічної травми. *Вісник морської мед.* 2016. № 2 (71). С. 121–122.

18. Abdulaev R. Ya., Romanuk Yu. A., **Grechanyk O. I.**, Svitlichnii E. V., Krasilnikov R. H. A retrospective study of injuries of abdomen by use of ultrasound diagnostics of military personnel, who participated in anti-terrorist operation in the east of Ukraine. *American Scientific Journal.* 2017. Issue 1 № 1 (9). P. 36-41.

19. **Hrechanyk O. I.**, Abdullaiev R. Ya., Bubnov R. V., Krasilnikov R. H. Ultrasound and X-ray for diagnostic support of abdominal and thoracic combat injury – retrospective analysis in hospitals of the military and evacuating zones. *Innovative technology in medicine: experience of Poland and Ukraine* : International research and practice conference (Poland, Lublin, 28–29 April, 2017). Lublin, 2017. P. 28–31.

20. **Гречаник О. І.** Медична візуалізація порожнинних випотів у постраждалих із бойовою травмою грудної клітки, живота, таза. Сучасні аспекти військової медицини. *Збірник наукових праць.* Випуск 30. Частина 1. 2023. С. 49-65.

21. Цымбалюк В. И., Лурин И. А., Абдуллаев Р. Я., **Гречаник Е. И.**, Цымбалюк Я. В., Негодуйко В. В., Посохов Н. Ф., Гуменюк К. В., Король С. А. Ультразвуковая диагностика огнестрельных повреждений периферических нервов. *Азербайджан. мед. журн.* 2022. № 3. С. 62–71. doi: 10. 34921/amj. 2022. 3. 010.

22. **Hrechanyk O.**, Abdullaiev R., Bubnov R. Ultrasound for early diagnosis of combat injuries of peripheral nerves. *XXIII World Congress of Neurology* : abstr. Kyoto, Japan, Sept. 16–21, 2017. *J. Neurolog. Sciences.* 2017. Vol. 381.

23. **Гречанык Е. И.** Повреждения периферических нервов при огнестрельных ранениях. *Ультрасонография периферических нервов и спинного*

мозга : учебник / Р. Я. Абдуллаев, В. И. Цымбалюк, В. Г. Марченко, Р. В. Бубнов. Харьков : Факт, 2016. Гл. 8. С. 114–124.

24. Abdullaev R. Ya., Bubnov R. V., Tsymbalyuk V. I., **Grechanyk O. I.**, Kalika L., Pilecki Z. Ultrasound of the spine, peripheral nerves and for pain management. Kharkiv : Fact, 2017. 172 p.

25. Tsymbalyuk V. I., Abdullaev R. Ya., Lurin I. N., Dikan I. N., Bubnov R. V., **Grechanyk O. I.** Ultrasound of the spine, peripheral nerves and for pain management. Kharkiv : Fact, 2024. 194 p.

26. Спосіб ультразвукової діагностики при поєднаній абдомінальній травмі : пат. 117503, Україна : А61В 8/00. № u201700898; заяв. 01.02.2017; опубл. 26.06.2017. Бюл. № 12.

27. Спосіб диференційної діагностики захворювань передміхурової залози : пат. 119552, Україна : А61В 8/08. № u201704018; заявл. 24.04.2017; опубл. 25.09.2017. Бюл. № 18.

28. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Р., Ніконов В. В., Вороньжев І. О., Абдуллаєв Р. Я., Давидюк М. М. Променева діагностика пневмотораксу при бойовій травмі. Медицина невідкладних станів. 2024. Т. 20, № 3. С. 76–83. DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.20.3.2024.1693>.

29. Настанови з воєнно-польової хірургії / за заг. ред. К. В. Гуменюка, С. О. Короля, Р. В. Гибало. Київ : «Видавництво Людмила», 2024. 572 с. [101].

30. Abdullaiev R. R., **Grechanik E .I.**, Abdullaiev R. Ya., Khaustov M. M., Posoxov N. F., Dudnik T. A., Kirichenko A. G., Tomakh N. V. Comparative assessment of the results of radiography and ultrasonography in the diagnosis of combat chest injuries. Azerbaijan Medical Journal. 2024. № 2. С. 185–191. doi: 10.34921/amj.2024.2.030.

РОЗДІЛ 7

ДІАГНОСТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ІНФОРМАТИВНІСТЬ МЕДИЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У СУЧАСНІЙ ВІЙНІ

7.1. Процедури описової статистики бойових ушкоджень за локалізацією, анатомічною структурою та їх візуально-балістична оцінка для вибору ефективного та безпечного методу візуалізації

Базуючись на багатофакторній характеристиці БТ, було встановлено, що ступінь тяжкості травми, стану у постраждалих II групи був вищий, ніж у I групі ($p < 0,001$). У постраждалих II групи переважали вибухові поранення, вибухова травма, поєднані та множинні БУ, політравма та комбінована травма ($p < 0,05$). Зважаючи на представлене, можна стверджувати, що особливістю поєднаних та множинних БУ були ушкоджені анатомічні структури, взаємопов'язані у анатомо-функціональні зони та локалізації внаслідок механічного ушкодження та багатофакторного впливу сучасної вогнепальної зброї із домінуючою або конкуруючою БТ. Для об'єктивізації клінічної оцінки тяжкості травми, стану поліструктурні зміни у внутрішніх органах постраждалих при надходженні на IV РМЗ вимагали аналізу домінуючої локалізації БТ, що було проведено при сортувальній МДКТ (табл. 7.1, рис. 7.1).

Таблиця 7.1

Домінуюча локалізація бойових ушкоджень, n=1014

Локалізація БУ/маркування	Кількість постраждалих	
	n	%
Голова, очі/a	317	31,3
Шия/b	31	3,1
Грудна клітка, живіт/c	346	34,1
Хребет/e	37	3,6
Кінцівки, таз/f	283	27,9
Загалом	1014	100,0

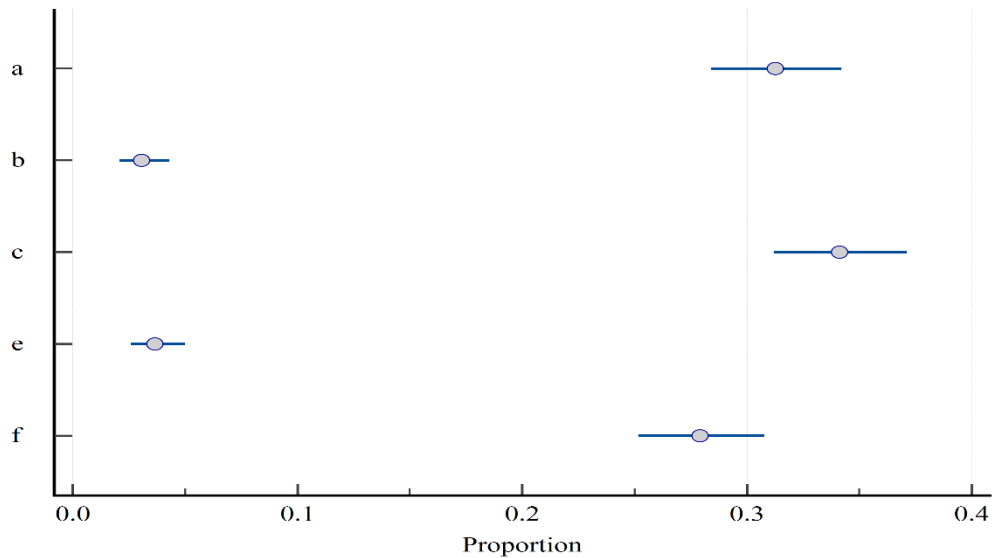


Рис. 7.1. Валідний розподіл домінуючих локалізацій бойових ушкоджень. Указано 95 % ДІ

Як видно з табл. 7.1, показовий частотний розподіл локалізацій бойових ушкоджень спонукав до об'єднання відповідних суміжних функціональних зон до КТ-сканування *Full Body Scan*, а саме поєднання візуалізації анатомічних структур: голова (а), грудна клітка, живіт (с), кінцівки (f). Для голови, шиї та хребта було застосовано окремі скануючі програми (*Full Body Scan* – технологія сканування всього тіла).

Статистичне, візуальне порівняння розподілу бойових ушкоджень різної анатомічної локалізації із застосуванням МДКТ представлено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Частотний розподіл інших локалізацій БУ у постраждалих із БТ, n=1014

Локалізація БУ	Наявність БУ за результатами МДКТ		Відсутність БУ за результатами МДКТ		Загалом, n/%
	n	%	n	%	
Голова, очі	436	43,0	578	57,0	1014/100,0
Шия	179	17,7	835	82,3	1014/100,0
Грудна клітка, спина	496	48,9	518	51,1	1014/100,0
Живіт, поперек, заочеревинний простір	377	37,2	637	62,8	1014/100,0
Таз, сідниці	338	33,3	676	66,7	1014/100,0
Хребет	249	24,6	765	75,4	1014/100,0
Кінцівки	548	54,0	466	46,0	1014/100,0

Для задоволення вимог клінічного значення та діагностичної оцінки визначили статистичну значущість у двох порівняльних вибірках – домінуюче бойове ушкодження та конкуруюче іншої локалізації ушкодження (рис. 7.2, табл. 7.2). Представлено на діаграмі перевірку значущості різниці між клінічно та візуально встановленим домінуючим та конкуруючим бойовим ушкодженням за ДІ в розподілі частот (рис. 7.2).

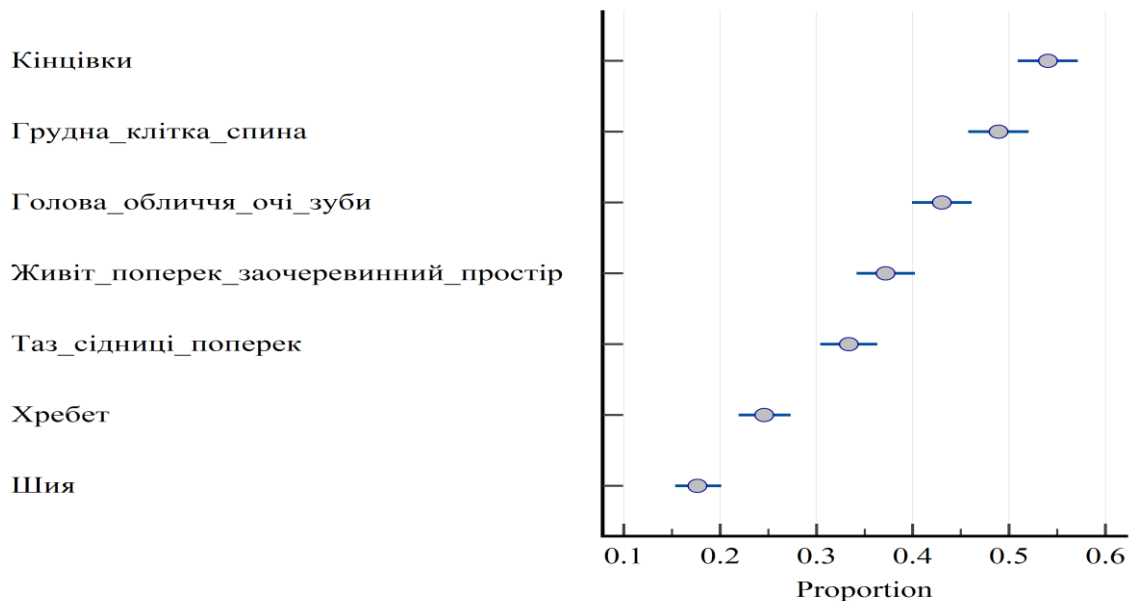


Рис. 7.2. Середні вибіркові частоти локалізацій БУ

Як видно з рис. 7.2, частоти із ДІ 95 % представлені у порядку їх зростання. Так, БУ кінцівок були у 54,0 % (548 постраждалих), а грудної клітки, спини – у 48,9 % (496 постраждалих). На третьому місці були БУ голови, обличчя, очей, зубів – у 43,0 % (436 постраждалих). БУ живота, заочеревинного простору, попереку було встановлено у 37,2 % (377 постраждалих), а ушкодження таза, сідниць верифіковано у 33,3 % (338 обстежених). БУ хребта було у 24,6 % (249 постраждалих), шиї у 17,7 % (179 постраждалих). Статистичну значимість впливу фактора домінуючого та іншої локалізації ушкодження у постраждалих, із вказаними статистичними рівнями значущості подано у додатку А91.

Отриманий розподіл між домінуючими та іншими локалізаціями можна інтерпретувати як ушкодження у функціональній зоні, але різних анатомічних структур: голови (головного мозку, лицевого або мозкового черепа, очей, екстракраніальних тканин, інші структури) у 90,2 % випадків, ($p < 0,001$), що

свідчило про множинний характер. Поєднання у АФЗ: домінуючого БУ голови з ушкодженням хребта у 29,7 % та шиї у 35,5 % випадків, кінцівок у 20,1 %, ($p < 0,001$) відповідало поєднаній чи комбінованій БТ. У постраждалих із домінуючим ушкодженням шиї у рівних відсотках спостерігали поєднання ушкоджень: голови – 24,6 %, хребта – 27,0 %, грудної клітки, спини, черевної порожнини у – 15,0 %; найменше було ушкодження кінцівок – у 5,3 % випадків, ($p < 0,001$). Множинна травма з домінуючою локалізацією шиї була в 77,4 % випадків ($p < 0,001$). Множинний характер ушкоджень органів грудної клітки та черевної порожнини встановлено у 69,4 % випадків, органів черевної порожнини, заочеревинного простору з поєднанням ушкодження грудної клітки та спини спостерігали у 80,3 % випадків. Статистично значуще було поєднання домінуючого ушкодження хребта у 86,5 % випадків із ушкодженнями черевної, грудної порожнини, заочеревинного простору (32,4 % та 67,6 % відповідно), ($p < 0,001$), що у постраждалих з опіками було розцінено як комбінована травма. У постраждалих із ушкодженнями поперекової ділянки, таза, сідниць достовірно частіше у 50,9 % випадків спостерігали ушкодження кінцівок. Ушкодження м'яких тканин черевної стінки поєднувалися з ушкодженням верхніх кінцівок, грудної клітки у 39,6 % та паравертебральної зони – у 21,6 % випадків, голови – у 15,5 % випадків ($p < 0,001$). У 80,2 % (673 постраждалих) з домінуючим БУ кінцівок були діагностовані множинні ушкодження їх анатомічних структур та сегментів ($p < 0,001$). БУ кінцівок у постраждалих також поєднувалися із ушкодженнями хребта у 62,2 % та грудної клітки, черевної порожнини, заочеревинного простору, таза у 50,6 % випадків, ($p < 0,001$). Вогнепальні переломи кісток кінцівок, таза, ушкодження суглобів на МДКТ встановлено у 53,4 % (212 постраждалих). Ампутаційні кукси верхніх, нижніх кінцівок були у 13,0 % (52 постраждалих), а у 3,7 % на томограмах візуалізувався газ у тканинах ампутованих кінцівок (додаток А36, А44). БУ м'яких тканин різної локалізації, а також паравертебральної зони з ознаками емфіземи, наявністю газу, кісткових уламків, осколків спостерігали у 63,5 % (254 постраждалих). Дефекти кісткової тканини, репозиція уламків кісток кінцівок були у 28,6 %

(115 обстежених), (додатки А52, А86). АЗФ, занурені металеві конструкції, протезування судин кінцівок встановлено у 30,5 % (122 обстежених), а тромбози, фістули, псевдоаневризми діагностовано у 24,9 % (99 постраждалих). Остеомієліт спостерігали у 6,7 % (27 етапованих постраждалих), (додаток А39), а у 7,0 % (28 обстежених) діагностовано пухлини м'яких тканин кінцівок, шиї, іншої локалізації (додаток А53). При МДКТ кінцівок осколки, кулі візуалізувалися у 57,4 % (232 обстежених), а у 11,5 % (49 постраждалих) спостерігалися кісткові уламки. У 167 постраждалих із домінуючими БУ кінцівок, вогнепальними осколковими пораненнями суглобів застосовували артроскопію із лікувальною та діагностичною метою (рис. 7.3).

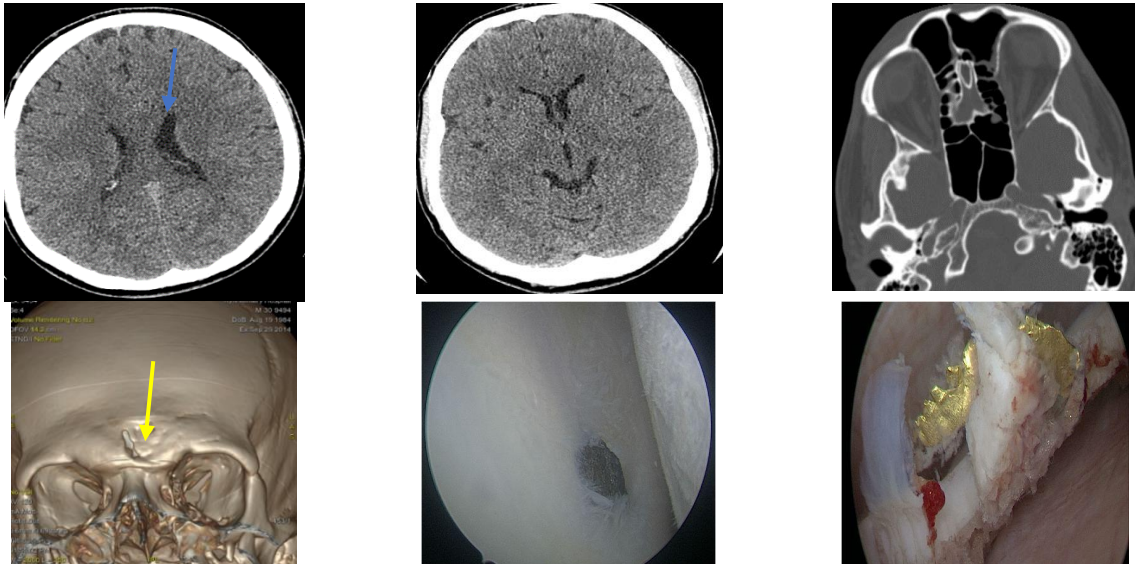


Рис. 7.3. Постраждалий Д., 37 р. Вибухова травма. ЗЧМТ. Акубаротравма. Осколкові поранення кінцівок, колінного суглоба

На рис. 7.3 представлена поєднана БТ у солдата Д., 37 р. (акубаротравма, вогнепальні сліпі осколкові поранення нижньої третини зовнішньої поверхні правого плеча, правого колінного суглоба, травматичного ушкодження променевого та ліктьового нервів). Постраждалому виконали артроскопічне лікування внутрішнього меніска правого колінного суглоба, видалили осколки плечового та колінного суглобів. На IV РМЗ виконали візуальний контроль – МДКТ головного мозку, де було діагностовано асиметрію бічних шлуночків головного мозку (голуба стрілка) та застарілий уламковий перелом лобної кістки (жовта стрілка).

РАГ судин кінцівок виконали 68 постраждалим, у 17 провели ангиографічне обстеження судин голови та шії, у 8 постраждалих – судин черевної порожнини. МРТ кісток та суглобів виконали 37 постраждалим. У 26 постраждалих проводили МРТ головного мозку, – у 22 постраждалих – хребта, спинного мозку. Результати розподілу між вибірковими характеристиками домінуючих ушкоджень та інших конкуруючих локалізацій у постраждалих ґрунтувалися на клінічному обстеженні та результатах візуального аналізу із застосуванням променевих методів (УЗД, РГ, РАГ, МРТ) та експертному значенні МДКТ. При проведенні статистичного аналізу у постраждалих виявлено відмінності тяжкості травми залежно від домінуючого БУ ($p < 0,001$) (табл. 7.3). У когорті померлих проаналізовано зв'язок із домінуючим ушкодженням для визначення фактора ризику летального випадку (табл. 7.4).

Таблиця 7.3

**Зв'язок ступеня важкості травми, стану постраждалого
із домінуючими ушкодженнями**

Локалізація домінуючих ушкоджень, n		Тяжкість травми/стану постраждалого, n (%)				p
		легкий	середній	тяжкий	вкрай тяжкий стан	
Домінуюче ушкодження	a (n=317)	57 (18,0 %)	61 (19,2 %)	105 (33,1 %)	94 (29,7 %)	<0,001
	b (n=31)	11 (35,5)	8 (25,8)	7 (22,6)	5 (16,1)	
	c (n=346)	53 (15,3)	93 (26,9)	130 (37,6)	70 (20,2)	
	e (n=37)	8 (21,6)	6 (16,2)	17 (45,9)	6 (16,2)	
	f (n=283)	73 (25,8)	89 (31,4)	85 (30,0)	36 (12,7)	

Примітки. Порівняння проводилося за критерієм Крускала-Уолліса.
a – голова; b – шия; c – грудна клітка, живіт, поперек; e – хребет; f – кінцівки.

Як видно з табл. 7.3, важкість травми та стану у постраждалих із домінуючим БУ голови була вищою порівняно з іншими локалізаціями ($p < 0,001$). Клінічний стан був важчим у постраждалих із бойовими ушкодженнями грудної клітки, спини, черевної порожнини, заочеревинного простору, попереку ($p < 0,05$ за критерієм Данна), ніж при ушкодженні кінцівок.

Функціональний зв'язок домінуючих ушкоджень з летальними випадками

Домінуюче ушкодження	Локалізації	Летальні випадки n (%)	p
	a (n=317)	47 (14,8) ^f	<0,001
	b (n=31)	1 (3,2)	
	c (n=346)	32 (9,2)	
	e (n=37)	4 (10,8)	
	f (n=283)	21 (7,4) ^a	

Примітки. Порівняння проводилося за критерієм хі-квадрат, постеріорні порівняння проводилися за точним критерієм Фішера з урахуванням поправки Бонферроні. a – голова; b – шия; c – грудна клітка, живіт, попереk; e – хребет; f – кінцівки

При проведенні аналізу згідно з табл. 7.4 виявлено зв'язок домінуючого БУ із ризиком летального випадку ($p < 0,001$). При цьому ризик смерті при домінуючому БУ голови був вищим ($p = 0,045$, з урахуванням поправки Бонферроні), ніж при домінуючому БУ кінцівок.

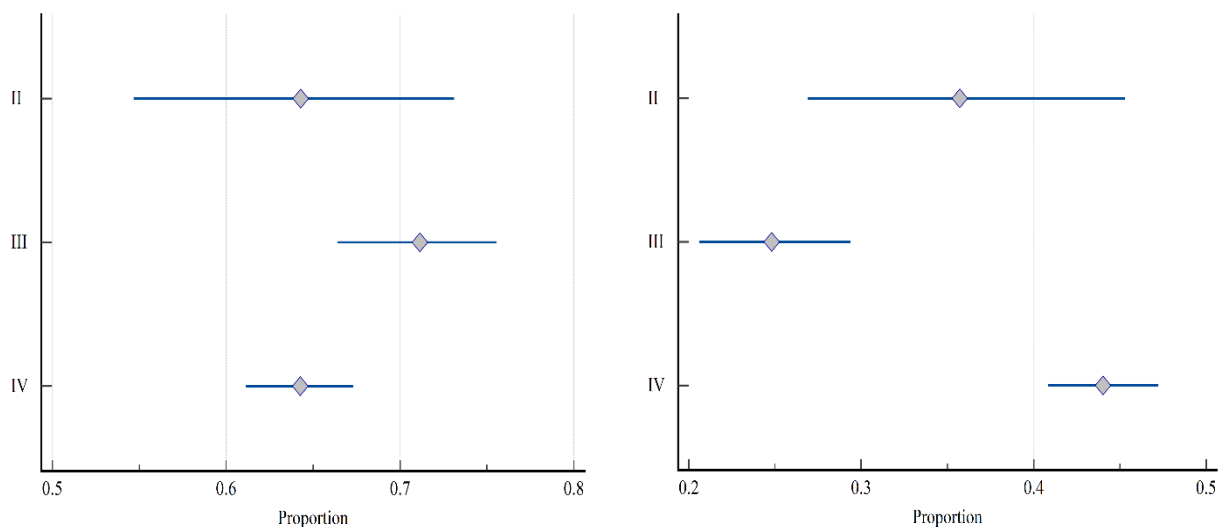
7.2. Порівняльні результати застосування ультразвукової, рентгенологічної діагностики, МДКТ, МРТ, РАГ у післяопераційних постраждалих для клінічної оцінки тяжкості травми, важкості стану та виявлення факторів ризику летальних випадків

Спектр застосування споріднених променевих методів з II по IV РМЗ для первинної, вторинної та диференційної діагностики ушкоджень різної локалізації був представлений ультразвуковою та рентгенологічною діагностикою. Діагностичні спроможності РМЗ із застосуванням портативних УЗД приладів та портативних цифрових рентгенівських апаратів полягали у виявленні маркерів ушкоджень: газу, вільної рідини, СТВП (куль осколків, фрагментів боєприпасів), СТНВП (кісткових уламків), а також сторонніх тіл медичного призначення (табл. 7.5). При попарномпорівняно часток якісного виявлення маркерів БУ при ультрасонографії, візуалізації вільної рідини і газу у порожнинах тіла встановлено статистичну відмінність.

Валідний (частотний розподіл) візуалізації вільної рідини та газу на РМЗ

РМЗ	Маркери БУ (вільна рідина, газ) за даними УЗД								Загалом виявлено вільну рідину/газ
	виявлена вільна рідина		не виявлена вільна рідина		виявлений газ		не виявлений газ		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
II	72	64,3	40	35,7	40	35,7	72	64,3	72/40
III	281	71,1	114	28,9	98	24,7	298	75,3	281/98
IV	613	64,3	341	35,7	420	44,0	535	56,0	613/420

Візуалізація рідини на II РМЗ у 64,3 % (72 постраждалих) над газом у 35,7 % (40 постраждалих) – відсоток рідини вищий; на III РМЗ у 71,1 % (281 постраждалих) над 24,7 % (98 постраждалих) – відсоток рідини вищий; на IV РМЗ у 64,3 % (613 постраждалих) над 44,0 % (420 постраждалих) – відсоток візуалізованої вільної рідини вищий, ніж газу ($p < 0,001$). Зважаючи на порівняльні результати посмертної МДКТ із значною перевагою візуалізації газу в порожнинах тіла та віддалено від поранення [248] було встановлено відмінність – у візуалізації рідини, що свідчило про більшу частку надходження постраждалих у важкому та вкрай важкому стані на вищі РМЗ. Візуально-порівняльну оцінку маркерів, діагностованих на РМЗ, подано на рис. 7.4.



Візуалізація вільної рідини
 Візуалізація газу
 Рис. 7.4. Маркери БУ (вільна рідина, газ) за даними УЗД. Указано 95 %

З представлених діаграм можна зробити висновок, що на результат візуальної реконгосцировки не вплинула діагностична спроможність РМЗ, тому що для первинної візуалізації невідкладних станів, а також променевої діагностики БУ тіла, застосовували УЗД та РГ на нижчих та вищих рівнях (від госпітальної допомоги до госпітального лікування та у зворотному напрямку), (рис. 7.5).

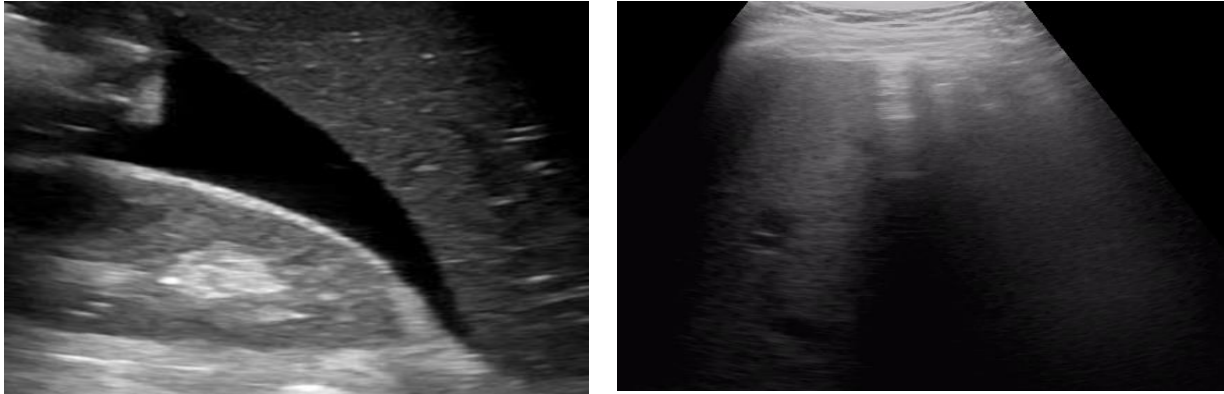


Рис. 7.5. Маркери бойових ушкоджень (вільна рідина, газ) за даними УЗД

Отриманий результат можна інтерпретувати як діагностичну спроможність, ефективність, високу довіру до ультразвукового методу МВБТ на ЕМЕ (РМЗ). Кількісні та якісні показники зміненої структури анатомо-функціональних зон у післяопераційних постраждалих при сонографічному огляді доповнювали СЕГ (табл. 7.6).

Таблиця 7.6

Описова статистика результатів СЕГ додаткових візуальних ділянок змін

Статистичні параметри	Додаткові зони зміненої структури органів, см ³	СЕГ. кПа
Загальна кількість	278	278
Minimum	3,2	5,3
Maximum	810,0	48,0
Mean	61,153	26,402
Median	39,6	27,5
SD (середнє квадратичне відхилення)	86,2389	9,9595
25-75 p (%)	21,5 – 62,3	18,5 – 33,7
Normal distr (нормальний розподіл)	< 0,001	0,002

Як видно з табл. 7.6, при ехо- та соноеластографічному аналізі 278 локацій візуальні ознаки додаткових структур змінених тканин за обраними параметрами статистично розрізнялися (рис. 7.6).

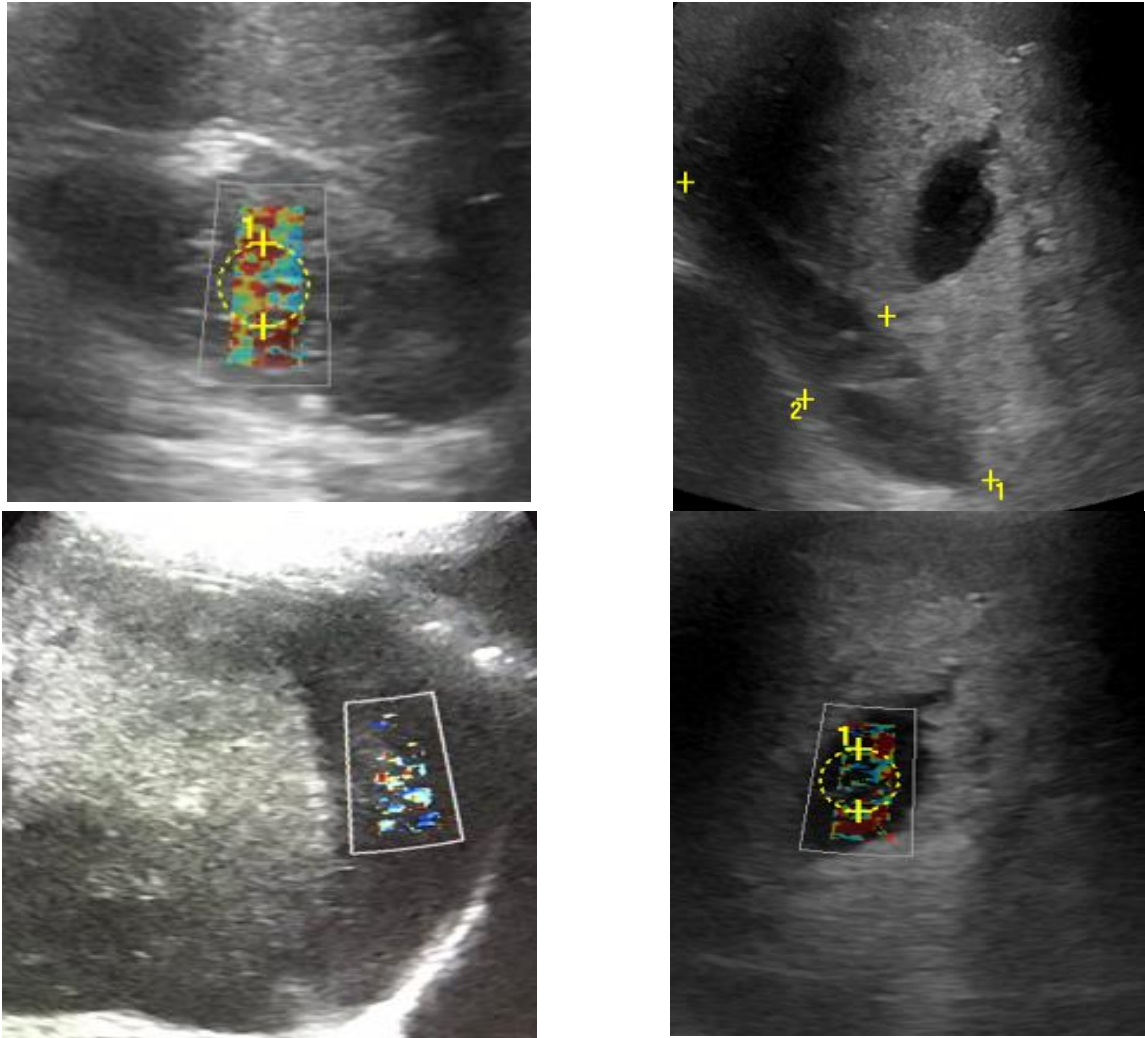


Рис. 7.6. Додаткові зони зміненої структури органів у соноеластографічному режимі

Як видно на рис. 7.6 і табл. 7.6, в нормальному розподілі ділянки зміненої структури в об'ємі були 21,5–62,3 см³, ($p < 0,001$), а СЕГ відповідно 18,5–33,7 кПа, ($p = 0,002$).

У динамічному візуальному ехографічному спостереженні (візуальному контролі) змінених анатомічних структур у постраждалих на 2–4 добу лікування проаналізували ушкоджені паренхіматозні органи та оцінили характер порожнинних випотів (табл. 7.7).

Динамічний УЗ-візуальний контроль внутрішніх органів та порожнинних випотів у постраждалих із БТ, n=1014

Параметри	Кількість	Min	Max	Me (Q _I – Q _{III})
Вертикальний розмір правої частки печінки (мм)	1014	123 мм	209 мм	154 (139–164) мм
СЕГ печінки (кПа)	1014	3,4 кПа	25,4 кПа	5,9 (5–6,8) кПа
Стеатометрія печінки (дБ/см/МГц)	1008	1,15 дБ/см/МГц	4 дБ/см/МГц	1,79 (1,47–2,04) дБ/см/МГц
Розмір селезінки (мм) (0- видалена, 59 осіб)	1014	0.	160 мм	108 (87–127) мм
СЕГ селезінки, у 59 видалена (кПа)	1014	0	49 кПа	18,4 (15,6–23,4) кПа
Додаткові ділянки зміненої структури, розміри (см ³) при повторному огляді	272	3,7 мм	806 мм	39,6 (23,7–68,3) мм
СЕГ ділянок зміненої структури (кПа)	273	5 кПа	57 кПа	28,2 (22,55–33,2) мм
СЕГ субплевральних відділів легень (кПа)	413	5,2 кПа	45,3 кПа	25,2 (21–29,8) кПа
Плевральний випіт (СЕГ, кПа)	566	3,6 кПа	37,8 кПа	13 (8,3–18,6) кПа
Черевний, заочеревинний, тазовий випіт (СЕГ, кПа)	437	2,9 кПа	39,7 кПа	16,7 (9,3–26,3) кПа
Перикардіальний, середостінний випіт (СЕГ, кПа)	76	2,7	28,4 кПа	8 (6,2–9,3) кПа

У післяопераційному огляді у постраждалих спостерігалися порожнинні випоти (медіана значення СЕГ): у 566 постраждалих був плевральний випіт – 13 (8,3–18,6) кПа, у 437 обстежених візуалізували рідину в черевній порожнині, заочеревинному просторі, тазові – 16,7 (9,3–26,3) кПа, у 76 постраждалих рідина була у перикардіальній сумці – 8 (6,2–9,3) кПа [32, 49, 91, 92, 141, 162].

Порівняльні променеві показники щільності порожнинних випотів подані в табл. 7.8. Візуальне оцінювання проводили з 639 функціональних зон локацій у соно-, еластометричному та томографічному режимах, а у трьох випадках співставили з патологоанатомічними розтинами. Порожнинні випоти оцінювали при ПДВ, де було встановлено, що ехоцильність ексудату підвищується у разі гнійного та іншого патологічного вмісту, а рентгенівська щільність свіжої крові відповідала 56–60 од. НУ при всіх можливих локаціях, що було підтверджено після розтину.

Порівняльні променеві показники щільності порожнинних випотів, n=639

Локалізація порожнинного випоту	Ультразвуковий метод візуалізації із застосуванням зсувнохвильової соноеластометрії (n=271), Е кПа					Комп'ютерно-томографічний метод рентгенівська щільність, (n=368), од НУ			
	свіжа кров	згорнута кров	септи у випоті	трансудат	ексудат	запальна рідина, гній	свіжа кров	згорнута кров	інша рідина
Плевральний	15,6 ± 2,0	23,3 ± 1,7	19,5 ± 0,9	4,5 ± 1,2	35,8 ± 7,6	27,6 ± 3,4	56 ± 5,4	40,5 ± 6	25 ± 2,8
Перикардіальний або середостінний	-	-	-	-	-	-	52 ± 3,4	33 ± 8,7	20 ± 2,9
Черевний, заочеревний, тазовий	18,2 ± 3,4	28 ± 2,5	3,1	3,7 ± 1,4	21,4 ± 2,0	36,2 ± 4,0	59 ± 7,8	36 ± 4,5	17 ± 5,3

У режимі СЕГ встановлено – показник \min 2,9 кПа (трансудат), \max – 28,6 кПа, (ексудат з домішками крові, згустків, іноді гною), $Me (Q_I-Q_{III})$ – 16,7 (9,3–26,3) кПа, (ексудат), що було підтверджено при лікувально-діагностичних пункціях (рис. 7.7, [32]).

У 413 постраждалих визначили соноеластометрію легень, у доступних для візуалізації ділянках: 25,2 (21 – 29,8) кПа, що порівняно з незміненою легенею було відмічено як ехоуцільнення легеневої паренхіми (рис. 7.7).



Рис. 7.7. СЕГ плеврального випоту та легень

У 1014 постраждалих були визначені УЗ-параметри стеатографії і стеатометрії печінки – 1,79 (1,47 – 2,04) дБ/см, що відповідало легкому стеатозу печінки (рис. 7.8), [201, 202].

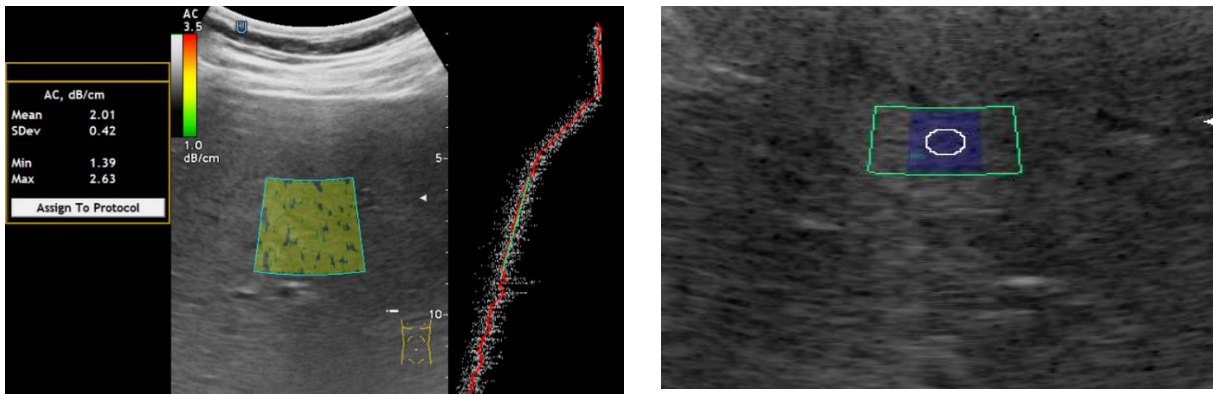


Рис. 7.8. Стеатографія, стеатометрія, соноеластографія, соноеластометрія печінки

Як видно з табл. 7.8 в середньому значенні у постраждалих із різною локалізацією БУ краніо-каудальний розмір печінки був 154 (139–164) мм, СЕГ 5,9 (5–6,8) кПа, довжина селезінки 108 (87–127) мм, СЕГ 18,4 (15,6–23,4) кПа, що відповідало нормальним середньостатистичним показникам [201–203]. У 74,5 % постраждалих були БУ м'яких тканин голови, ший, очей, екстракраніальних зон, грудної клітки, живота, промежини, кінцівок, суглобів. На УЗД обстежували м'які тканини з метою пошуку та видалення СТВП, контролю медичних втручань та встановлених дренажів. У В-режимі та СЕГ у постраждалого з БУ кісткового скелета візуалізувалися зміни м'яких тканин кінцівок (рис. 7.9).

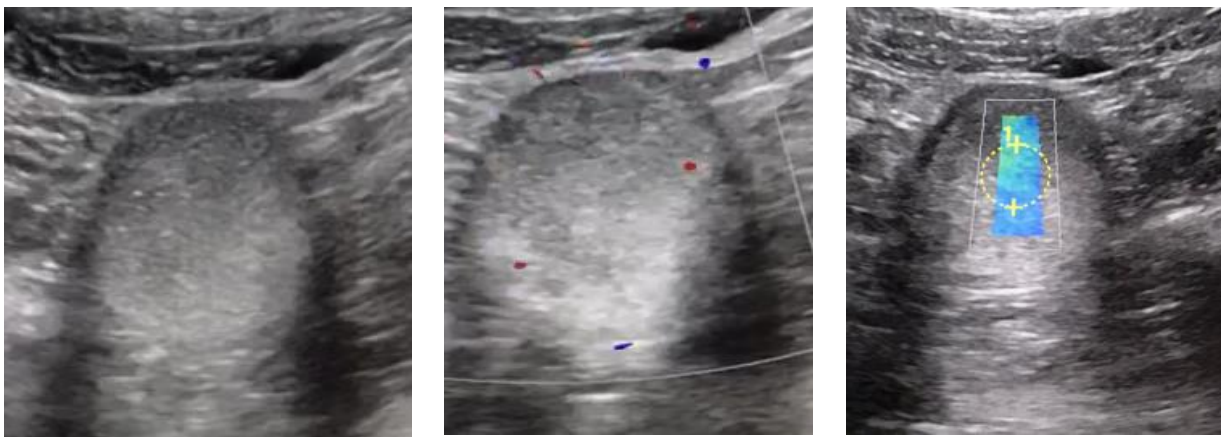


Рис. 7.9. Візуальний контроль. УЗД. Новоутворення м'яких тканин черевної порожнини, епігастрію. Старшина К., 26 р. Стан після МВТ кінцівок, 2015 рік. Стан після оперативного втручання з приводу пухлини м'яких тканин правого стегна. Однорідне гіпо-ізоехогенне утворення епігастрію черевної стінки. В-режим, КДК самостійна васкуляризація не виявлена. СЕГ утворення Е 5,3 кПа, v 1,3 м/с

Ехоструктурні зміни тканин стегна спостерігали у постраждалого з БУ кінцівки, турнікетним синдромом (рис. 7.10).

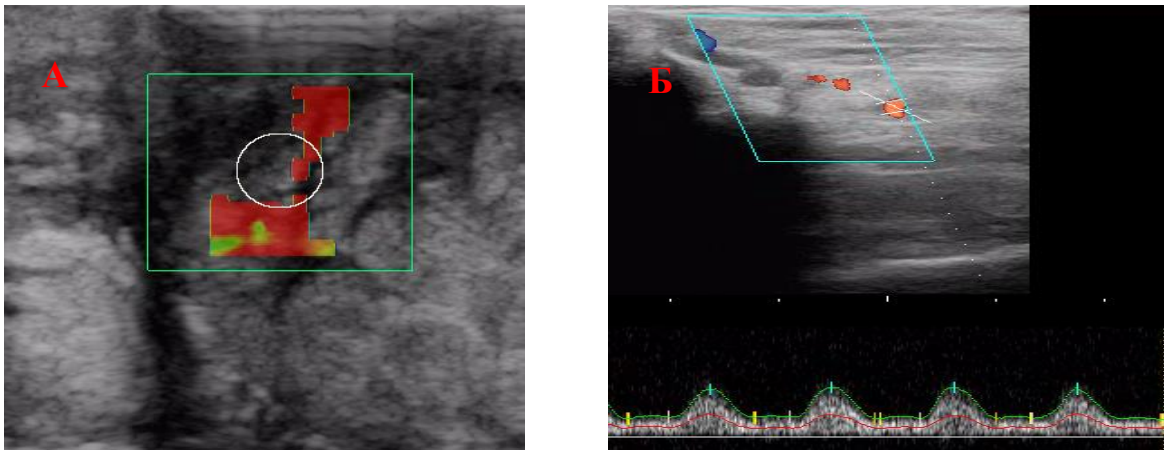


Рис. 7.10. Синдром тривалого стиснення. Турнікетний синдром нижньої кінцівки: А – компартмент-синдром. Рановий канал. СЕГ м'яких тканин стегна Е 203 кПа. Б – колатеральний кровотік дистального сегмента поверхневої стегнової артерії

Як видно на рис. 7.10, визначилися набряк, неоднорідність тканин та висока ехоцильність (СЕГ 198 кПа), зміна кривої кровотоку дистального сегмента стегнової артерії. У 23,2 % обстежених досліджували периферичні нерви, оцінювали анатомічну цілісність нервових стволів, чіткість контурів, структуру, стан оточуючих тканин, ранові канали, АФЗ, візуалізували СТВП, СТНВП та соноеластографічно спостерігали ушкодження спинно-мозкової речовини, з утворенням менінгоцеле (додаток А92).

Візуально-балістичний приклад анатомічної моделі кульового поранення правої плевральної порожнини з верифікацією БК калібру 5,45 мм індекс 7Н10 у солдата І., 35 р. подано із застосуванням променевих методів. Представлено правобічне вогнепальне кульове проникне поранення грудної клітки, з вогнепальним переломом III ребра, стороннім тілом правої плевральної порожнини (куля), контузією обох легень, правобічним гемотораксом, з вогнепальним переломом правої плечової кістки, вогнепальним кульовим пораненням м'яких тканин лівого стегна, АЗФ правого плеча, фасціотомія лівого стегна (рис. 7.11). Відомо, що солдат поранення отримав внаслідок поєданого вогневого ураження (при ворожому обстрілі з міномета та зі стрілецької зброї),

знаходився у захисному шоломі та бронежилеті. Проведено візуальний контроль на IV РМЗ: РГ органів грудної клітки та виявлено візуальні ознаки СТВП металевої щільності (куля) правого заднього піддіафрагмального синусу; УЗД правої плевральної порожнини, правобічний плевральний випіт, СЕГ Е 19,3 кПа, СТВП (БК розміром 27x7 мм) (червоне коло), лівобічний плевральний випіт, СЕГ Е 10,2 кПа; МДКТ з контрастуванням – БК правої плевральної порожнини розміром 27,3x7,3 мм, щільність 3071 од. НУ, калібру 5,45x39 мм, патрона 7Н10 (коло).

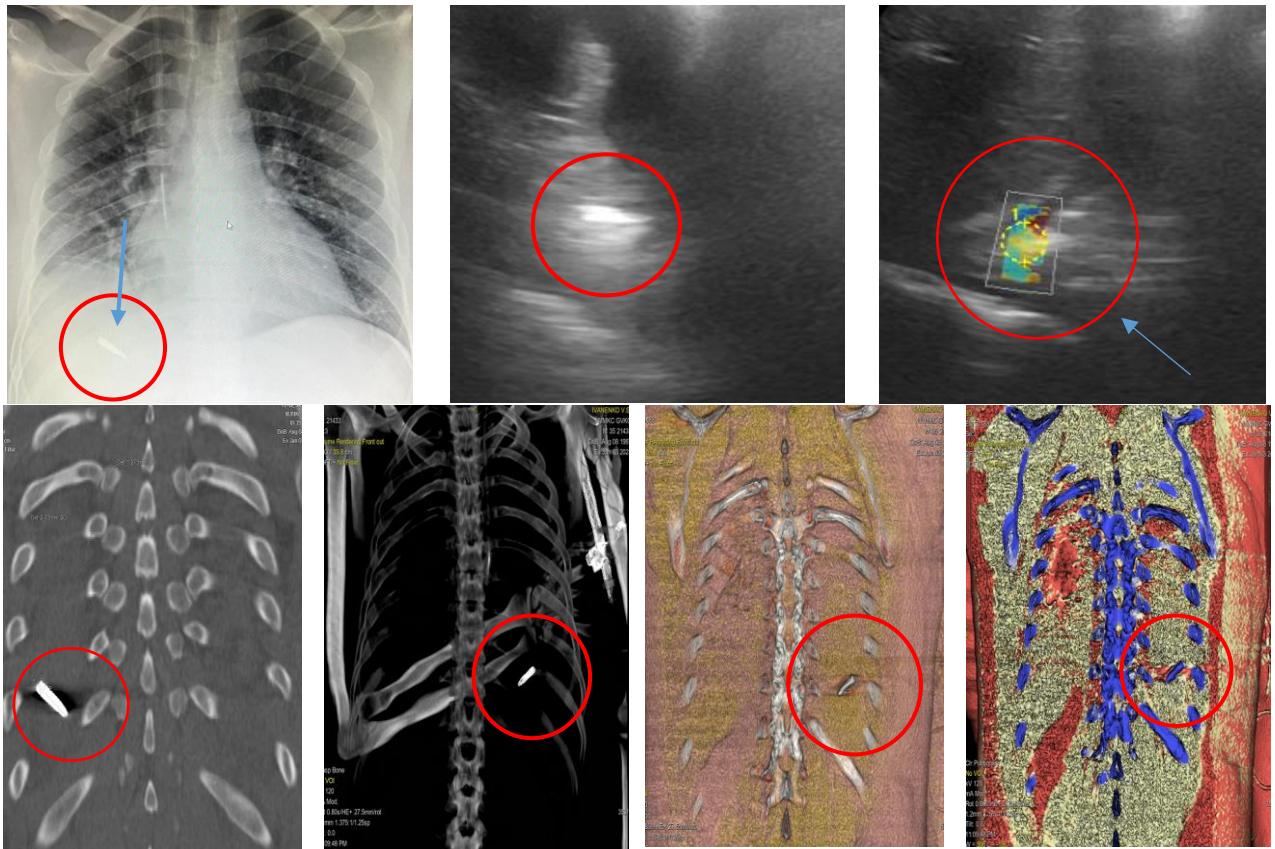


Рис. 7.11. Медична візуалізація на IV РМЗ кульового поранення плевральної порожнини

Як видно з прикладу анатомічної моделі, УЗД, РГ, МДКТ виявили однакові розміри бойової кулі автоматного патрона 7Н10 (рис. 7.11).

У 19,1 % постраждалих із різною локалізацією домінуючих ушкоджень спостерігалися ушкодження калитки, м'яких тканин таза (рис. 7.12, 7.13). Для того, щоб отримати інформацію про стан судинної системи в анатомо-функціональних зонах бойових ушкоджень або ділянок післяоперативних втручань, проводилася оцінка візуальних та гемодинамічних показників судин

різної локалізації. Спостерігався клінічний випадок резекції правої долі печінки у постраждалого з вибуховим поранення органів черевної порожнини (рис. 7.14).

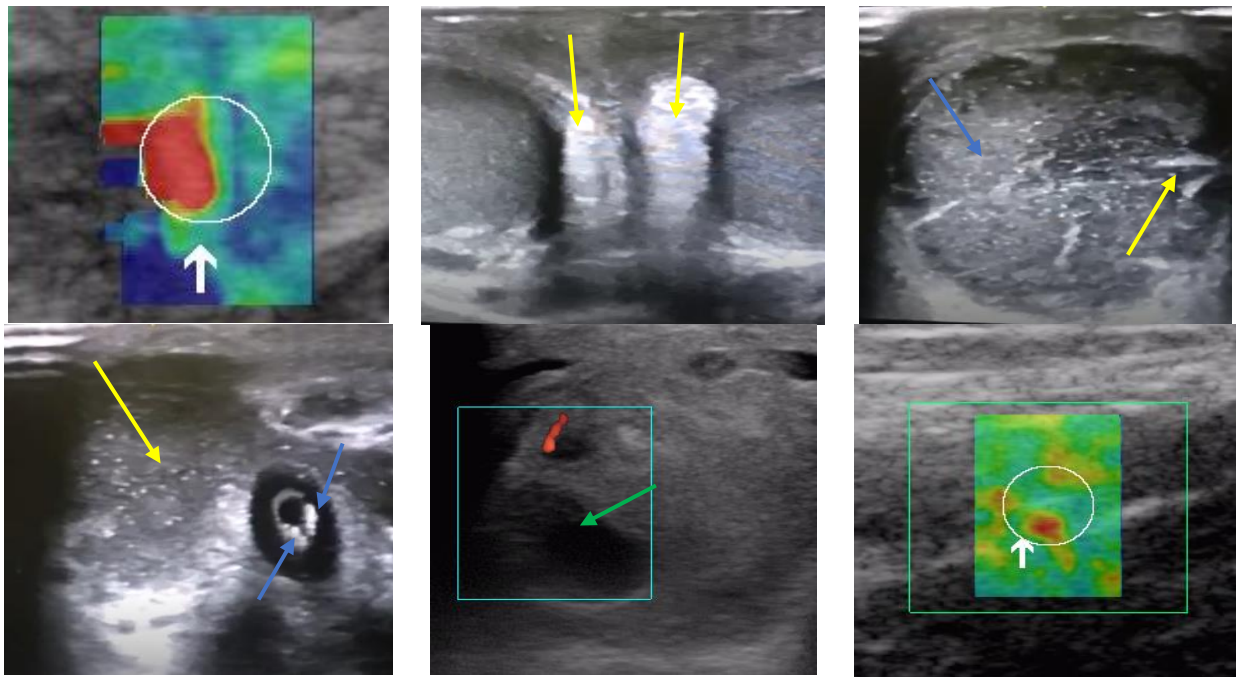


Рис. 7.12. УЗД, СЕГ БУ промежини, таза, стегна, зовнішніх статевих органів. СТВП (осколок) стегна. СЕГ 241 кПа (велика біла стрілка). Патологічний рідинний вміст ділянки кореня статевого прутня (жовта стрілка). Газ в уретрі (голуба стрілка). Гематоми яєчка (зелена стрілка). СТВП (осколок) медіальної поверхні стегна, СЕГ 164 кПа (мала біла стрілка)

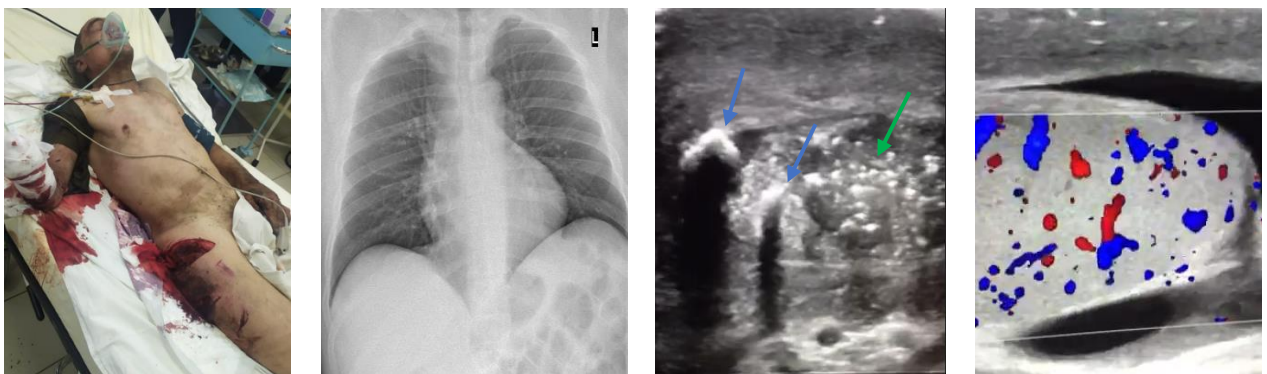


Рис. 7.13. Медична візуалізація на IV РМЗ. Солдат Н., 33 р. Мінно-вибухове поранення. Ампутаційна кукса лівої нижньої кінцівки післятравматичного відчленування. Вогнепальна рана передньої, бокової поверхні правого стегна. Ампутаційна кукса нижньої третини правої верхньої кінцівки післятравматичного відчленування правої кисті. Оглядова РГ грудної клітки лежачи. Посилення легеневого малюнку. Збільшення усіх відділів серця. СТВП (осколки правої половини калитки), (голуба стрілка). Забій правого яєчка. Посттравматичний орхіт лівого яєчка з реактивним гідроцеле

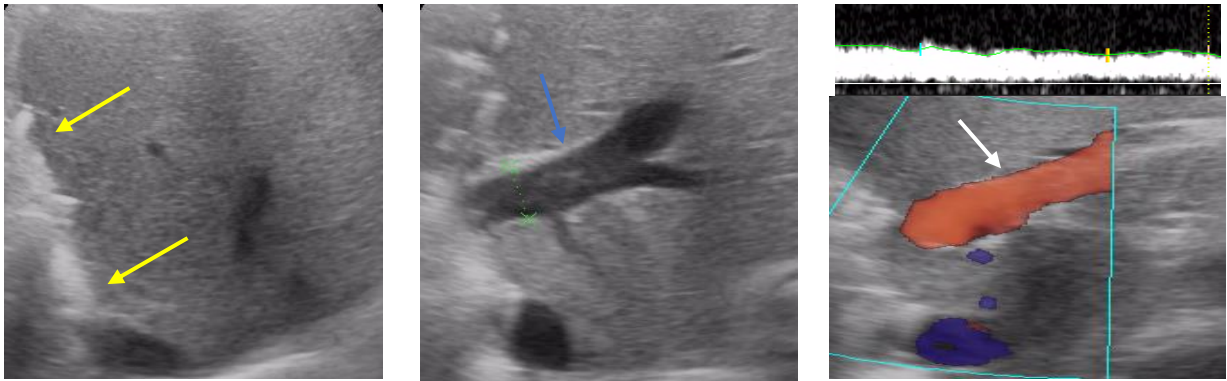


Рис. 7.14. Постраждалий солдат Ч., 29 р. Вибухове поранення печінки. Стан після резекції правої долі печінки. Залишкова ліва доля печінки

Як видно з рис. 7.14, у В-режимі визначився нерівний медіальний контур рівня міждольової борозденки печінки (межа резекції правої долі), (жовта стрілка). Залишкова ліва доля, об'єм 959 см³, однорідної ехоструктури, діаметр ворітної вени 14,2 мм (голуба стрілка), в режимі КДК верифіковано гепатофугальний кровотік, швидкість 23 см/с (біла стрілка).

БУ судин голови, шиї спостерігалися у 61,4 % із БТ різної локалізації (у 38,6 % випадках ехографічних ознак патологічних змін судин не було виявлено). Діагностичні можливості УЗДГ були спрямовані на екстракраніальні судини при відсутності клінічного діагнозу атеросклерозу. Оцінювали зміни судинної стінки: комплекс-інтима-медіа (КІМ) та стенози, оклюзії артерій, швидкісні показники кровотоку (табл. 7.9).

Таблиця 7.9

Кількісні та якісні параметри при УЗДГ екстракраніальних артерій

Розподіл постраждалих відповідно до товщини комплексу інтима-медіа (КІМ) судин у абсолютних та відносних числах, n=828					
КІМ, мм	<= 1	1,1–1,5	1,6–2,0	> 2,0	Всього
Кількість, n (%)	464 (56,0)	355 (42,9)	8 (1,0)	1 (0,1)	828 (100,0)
Розподіл постраждалих відповідно до числових значень стенозів брахіоцефальних артерій (БЦА) в абсолютних та відносних числах					
Стеноз БЦА, %	<=30	31–50	51–100	Всього	
Кількість, n (%)	771 (93,1)	48 (5,8)	9 (1,1)	828 (100,0)	
Розподіл постраждалих за максимальною швидкістю кровотоку (МШК) в хребетних артеріях (ХА) у абсолютних та відносних числах					
МШК, см/с	<= 30	>30	Всього		
Кількість (права ХА), n (%)	362 (43,7)	466 (56,3)	828 (100,0)		
Кількість (ліва ХА), n (%)	411 (49,6)	417 (50,4)	828 (100,0)		

Представлені основні параметри УЗДГ у 828 постраждалих із БТ різної локалізації, зі змінами в екстракраніальних артеріях нестенозуючого та стенозуючого атеросклерозу, а також зміни товщини та структури КІМ. Так, у 93,1 % (771 постраждалих) спостерігалися стенози до 30 %, у 5,8 % (48 постраждалих) стенози до 50 %, у 1,1 % 9 (постраждалих) були більше 50 % різних сегментів екстракраніальних артерій, а також оклюзії загальної, внутрішньої або зовнішньої сонних, хребтових артерій. Спостерігалися зміна товщини та ехоструктури КІМ у різних сегментах артерій: у 56,0 % (464 обстежених) КІМ був 1 мм, у 42,9 % (355 постраждалих) КІМ 1,1–1,5 мм, у 1,0 % (8 обстежених) був 1,6–2,0 мм та більше 2 мм був у одного постраждалого. Дослідження у режимі КДК дозволило отримати якісну інформацію про кровотік, встановити патологічні зміни, оцінити стан КІМ. Застосування СЕГ внутрішнього просвіту зміненої структури КІМ та візуалізованих стенозів дозволило вивчити ехоцильність бляшок, що в середньому значенні була 52 кПа (рис. 7.15, 7.16).

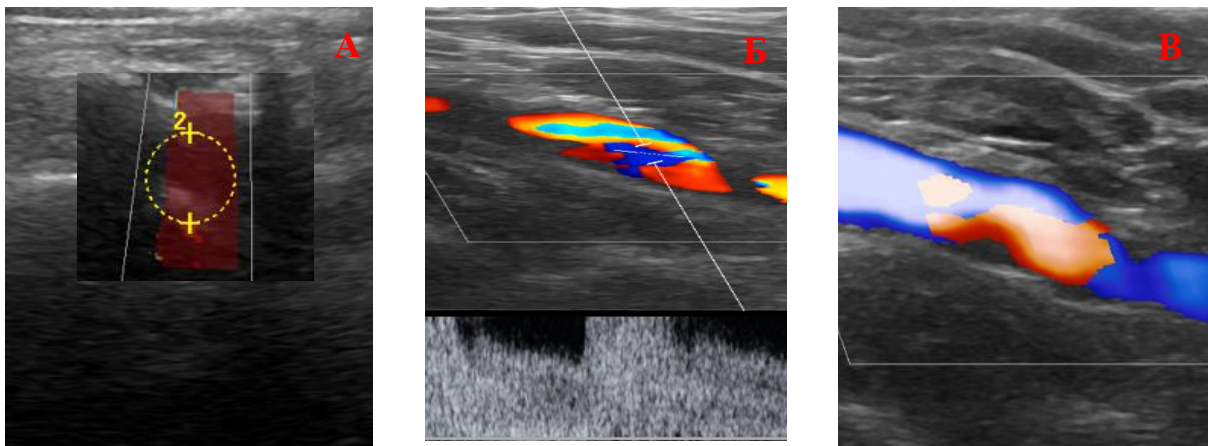


Рис. 7.15. Солдат Ц., 35 р. Вогнепальне осколкове сліпе поранення м'яких тканин шиї (перебував у бронежилеті). УЗДГ сонних артерій, СЕГ м'яких тканин шиї: А – металевий осколок задньої поверхні шиї. СЕГ осколка Е 75,46 кПа, V 5,02 м/с. Стеноз лівої внутрішньої сонної артерії 45–50 %. Допплерограма потоку стенозу. Б, В – підвищення лінійної швидкості кровотоку, гемодинамічний варіант абсолютного стенозу з порушенням ламінарного характеру потоку крові, подолання ефекту накладання шляхом зміщення нульової лінії

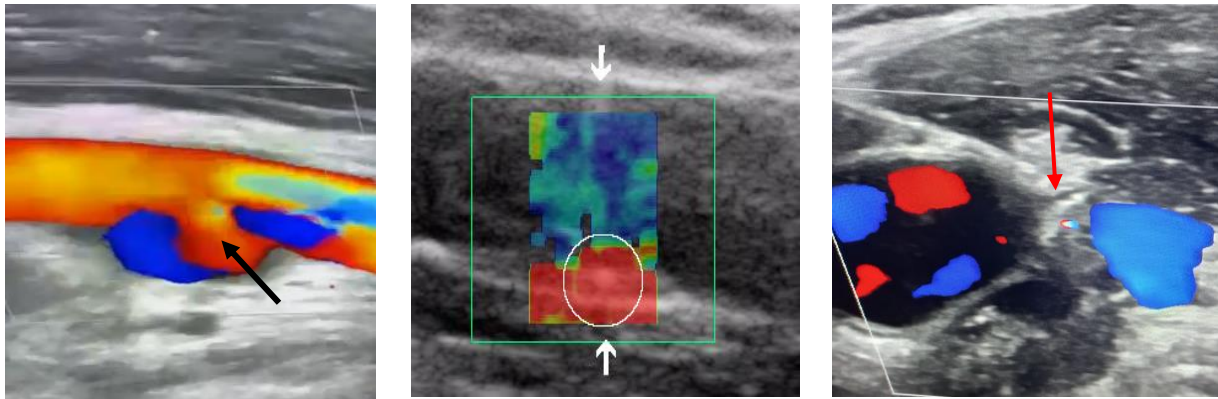


Рис. 7.16. Сонографічна, соноеластографічна, доплерографічна діагностики БУ судин: післятравматична псевдоаневризма сонної артерії (чорна стрілка); СЕГ стенозу 30 % сонної артерії (біла стрілка); СТВП (осколок) між сонною артерією та внутрішньою яремною веною (червона стрілка)

Як видно з рис. 7.15, 7.16, оцінка якісних параметрів дало важливу інформацію про локалізацію, характер змін екстракраніальних артерій, напрямок кровотоку, ехоцільність змінених ділянок та наявність СТВП (осколків, БК), СТНВП (кісткових уламків), хід артерій, варіанти входження хребтових артерій. В деяких випадках якість візуалізації обмежувалась доступом та важким станом постраждалих. Для встановлення гемодинамічних змін у хребтетних артеріях визначені параметри їх кровотоку (табл. 7.10).

Таблиця 7.10

Порівняння швидкісних показників у хребтових артеріях

Показник	МШК права хребетна артерія	МШК ліва хребетна артерія
Кількість	828	828
Minimum	12,3	8,9
Maximum	56,4	58,3
Median	33,2	31,2
QI-QIII	23,7 to 38,3	26,45 to 39,2

Примітка. Wilcoxon test (paired samples) Two-tailed probability $p = 0,001$. Median difference 0,7 95 % CI 0,25 to 1,2.

Як видно з табл. 7.10, по правій хребетній артерії ($p=0,001$) швидкість кровотоку на 7 см/с (95 % ДІ, 25 см/с – 12 см/с) в середньому переважала над лівої хребетною артерією.

Дослідження зв'язку гемодинамічних змін у хребетних артеріях з клінічно встановленою первинною вибуховою травмою голови, органа слуху у постраждалих із акубаротравмою представлено в табл. 7.11.

Таблиця 7.11

Порівняльні показники швидкості кровотоку по хребетних артеріях

Гемодинамічний показник	Без акубаротравми, n=737	З акубаротравмою, n=91	p
МШК права хребтна артерія (см/с)	34,5 (23,8–38,4)	23,6 (22,4–32,6)	<0,001
МШК ліва хребтна артерія (см/с)	32,7 (27,4–39,2)	27,5 (22,5–29,6)	<0,001

Указано медіану (Me) та міжквартильний інтервал (QI–QIII)

Примітка. Порівняння проводилося за критерієм Манна-Уїтні.

Як слідує з табл. 7.11, у 91 постраждалого із акубаротравмою визначалося зниження швидкісних показників кровотоку по хребетних артеріях ($p < 0,001$).

Порівняння за коефіцієнтом Пірсона контралатеральних хребетних артерій подано на рис. 7.17.

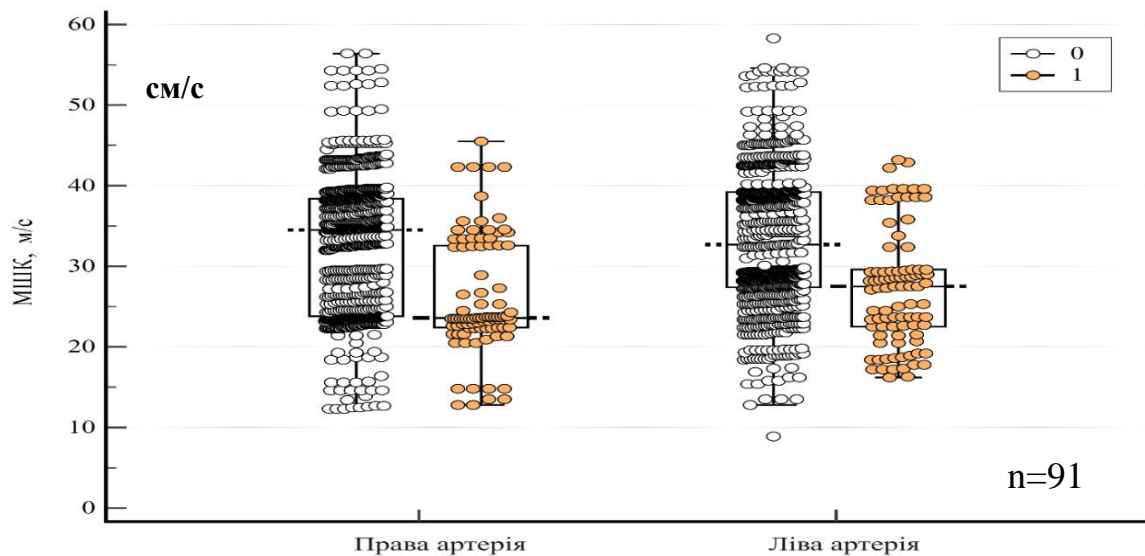


Рис. 7.17. Порівняння швидкості кровотоку по хребетних артеріях у двох вибірках

На рис. 7.17 представлені результати кореляційного аналізу зв'язку у постраждалих із клінічно визначеною акубаротравмою та зниженням кровотоку по хребетних артеріях (МШК ≤ 30 см/с та >30 см/с) за критерієм Фішера (табл. 7.12).

Швидкість кровотоку по хребетних артеріях, n (%)

Вибухова травма/кількість 0 – відсутність акубаротравми; 1 – наявність акубаротравми		МШК права хребетна артерія			МШК ліва хребетна артерія		
		≤ 30 см/с	> 30 см/с	p	≤ 30 см/с	> 30 см/с	p
Акубаротравма	0 (n=737)	298 (40,4)	439 (59,6)	$< 0,001$	341 (46,3)	396 (53,7)	$< 0,001$
	1 (n=91)	64 (70,3)	27 (29,7)		70 (76,9)	21 (23,1)	

Примітка. Порівняння за точним критерієм Фішера.

Представлені результати показують, що ризик зниження кровотоку по правій хребетній артерії нижче 30 см/с у постраждалих із акубаротравмою був більший ($p < 0,001$), ДІ=1,74 (95 % ДІ 1,48–2,04) порівняно з постраждалими без акубаротравми. У постраждалих із акубаротравмою максимальну швидкість кровотоку (МШК) нижче 30 см/с по лівій хребетній артерії спостерігали достовірно частіше ($p < 0,001$), ДІ=1,66 (95 % ДІ 1,45–1,91) порівняно із постраждалими без акубаротрама, що обумовлено кохлео-вестибулярним механізмом розвитку змін органів слуху внаслідок контузії органа слуху при вибуховій травмі голови та шийного відділу хребта.

При вивченні механізму травми судин найбільшу кількість ушкоджень спостерігали при осколкових пораненнях, що склало 39,4 %, при вибуховому пораненні – 28,5 %, вибуховій травмі – 43,2 % випадків (рис. 7.18, 7.19).

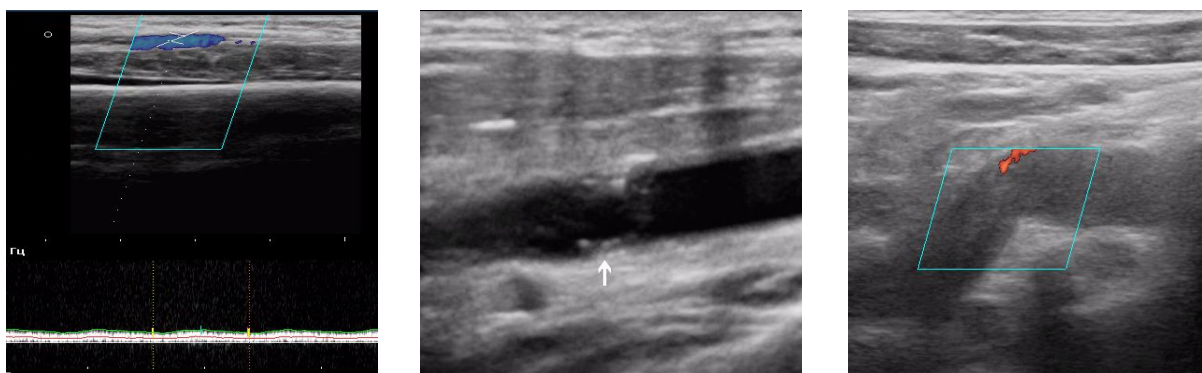


Рис. 7.18. Ехографічні ознаки БУ артерій голови, ший: частковий артеріотромбоз підключичної артерії; стан після втручань на сонній артерії (зони судинних швів); повний артеріотромбоз хребетної артерії

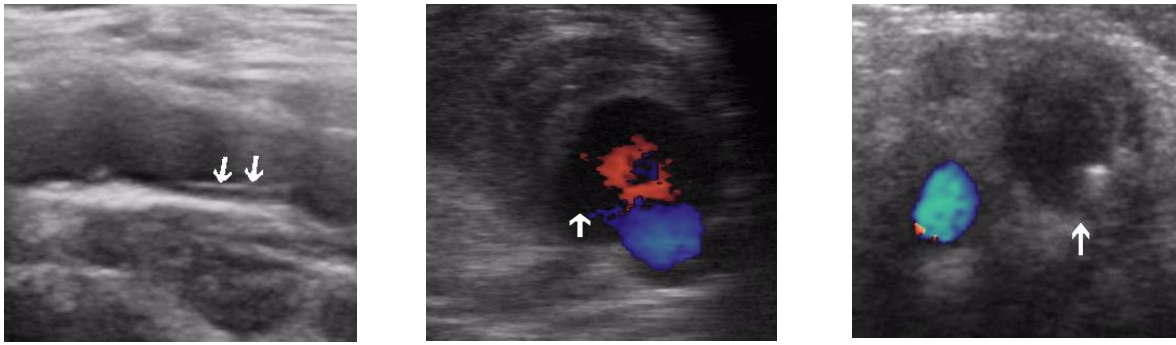


Рис. 7.19. Ехографічні ознаки БУ екстракраніальних судин: розшарування КІМ; пульсуюча гематома сонної артерії; оклюзія внутрішньої сонної артерії

У 16,2 % (147 постраждалих) спостерігалися патологічні зміни у венах шиї, а саме були венозні тромбози та артеріовенозні фістули. Спостерігався випадок ускладнення осколкового поранення шиї, обличчя з розвитком артеріовенозної фістули цервікальної анатомо-функціональної зони (рис. 7.20).

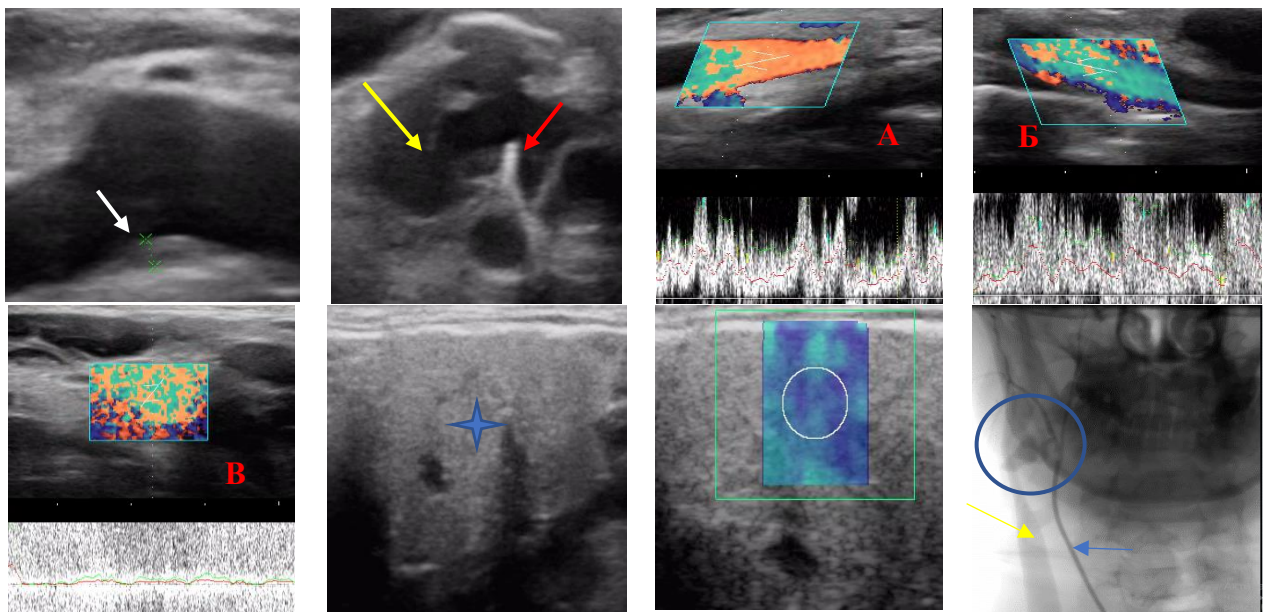


Рис. 7.20. Солдат В., 37 р. Вибухова травма. Вогнепальне осколкове дотичне поранення м'яких тканин шиї праворуч зі шкірно-фаціальним дефектом. Ускладнення. Гематома гортаноглотки праворуч. Дисфагія. Післятравматична артеріо-венозна фістула зовнішньої сонної артерії та внутрішньої яремної вени праворуч. Візуальний контроль ІV РМЗ. УЗДГ магістральних судин голови, шиї. РАГ судин голови, шиї. Потовщення КІМ гирла правої ПКА 2,2 мм (біла стрілка). Артеріовенозна фістула правої бокової поверхні шиї (жовта стрілка), СТВП, осколок (червона стрілка). Контузія правої нижньощелепної слинної залози (зірочка), СЕГ 15,1 кПа (зірочка). Незмінена ліва піднижньощелепна слинна залоза (коло), СЕГ 9,0 кПа (коло). Змінений кровотік правої загальної сонної артерії (ЗСА), (А). Змінений кровотік правої зовнішньої сонної артерії (ЗвСА), (Б). Шунтування в артеріовенозній фістулі (В). РАГ екстракраніальних артерій. Загальна сонна артерія (голуба стрілка). 2. Внутрішня яремна вена (жовта стрілка). Артеріовенозна фістула (коло)

У 1014 постраждалих під час дослідження периферичних судин було встановлено у 46,1 % (463 постраждалих) магістральний змінений кровотік в артеріях. У 34,7 % (350 обстежених) спостерігалися ушкодження вен (їх розширення, ознака спонтанного контрастування кровотоку), тромбози.

Із застосуванням УЗ-методу візуалізації – УЗДГ у 24,8 % (39 постраждалих) діагностовано післятравматичні псевдоаневризми, у 18,5 % (29 постраждалих) – артеріовенозні фістули, у 17,8 % (28 обстежених) був артеріотромбоз, у 33,1 % (52 постраждалих) визначався венозний тромбоз контрлатеральної кінцівки та у 5,7 % (9 постраждалих) встановлено артеріальний та венозний тромбоз. На рис. 7.21, 7.22 представлена псевдоаневризма гігантських розмірів із товстою капсулою, з розпластаною на поверхні веною (компресованою) та гомілковими нервами (проростання у капсулу псевдоаневризми). Підколінну артерію відновили шляхом аутовенозної вставки із великої підшкірної вени. Візуальний приклад ускладненого перебігу поранення кінцівок подано на рис. 7.23.

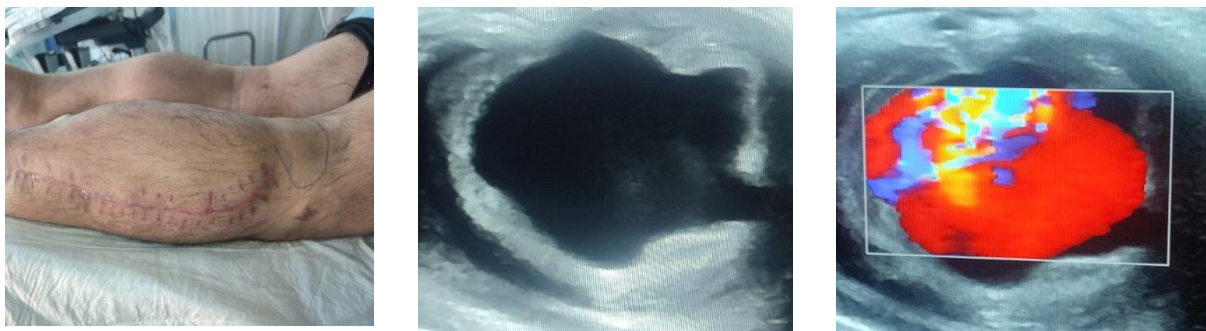
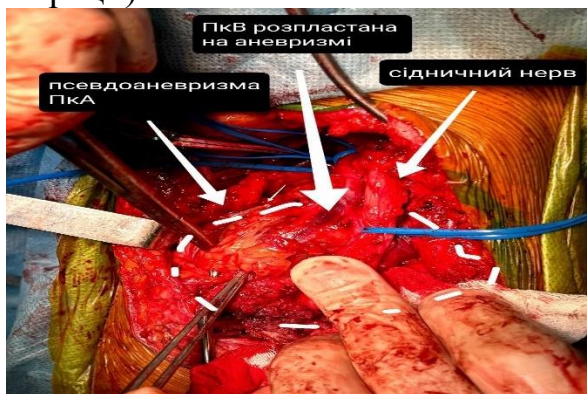
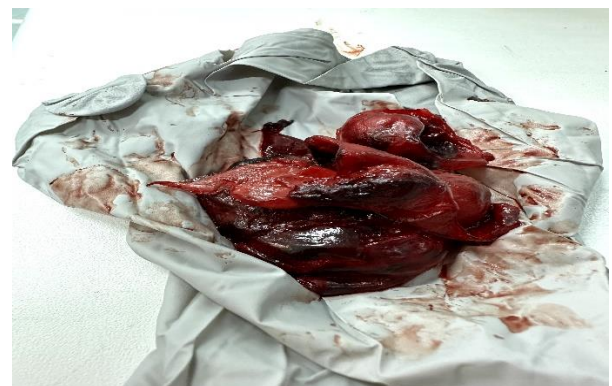


Рис. 7.21. Післятравматична псевдоаневризма підколінної артерії (до операції)



відкрита судинна операція



макропрепарат псевдоаневризми підколінної артерії

Рис. 7.22. Оперативне втручання у постраждалого Б., 38 р.



Рис. 7.23. Вибухове поранення кінцівок. Медична візуалізація БТ на IV РМЗ. Множинні сліпі осколкові поранення м'яких тканин нижніх кінцівок. Стан після фасціотомних розрізів кінцівок. Стан після тромбозу глибоких вен нижніх кінцівок. Пролежні обох п'яткових ділянок

У постраждалого П., 30 р., внаслідок осколкового поранення м'яких тканин кінцівок на УЗДГ визначилася зміна кривої артеріального кровотоку, у В-режимі візуалізувалися множинні осколки (голуба стрілка), (рис. 7.23). Допплерографічний режим дозволив визначити візуальні ознаки компенсаторних можливостей ушкоджених артерій гомілок (рис. 7.24).

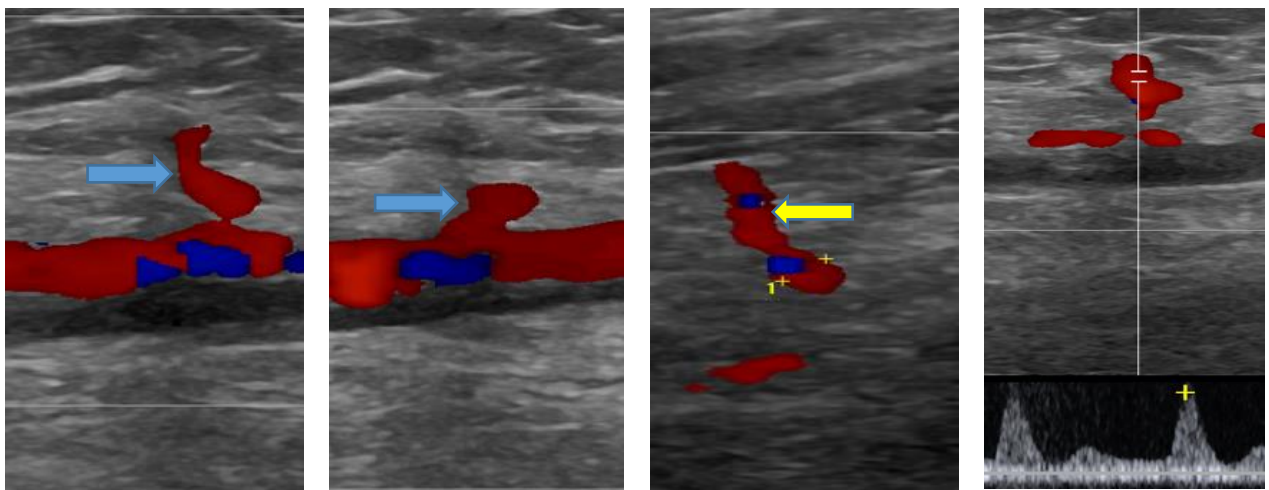


Рис. 7.24. Капітан Л., 38 р. вибухове поранення кінцівок. УЗДГ судин кінцівок. Множинні вогнепальні осколкові сліпі поранення м'яких тканин правого плеча, лопатки, обох стоп, лівого колінного суглоба, вогнепальні переломи I та III плюсневих кісток лівої стопи. Візуальний контроль на IV РМЗ. УЗДГ периферичних артерій гомілок, стоп: А, Б, В – розширені комунікантні артерії від стволів задньої великогомілкової артерії (голуба стрілка), від передньої великогомілкової артерії (жовта стрілка). Г – спектрограма комуніканти

Як видно з рис. 7.24, внаслідок множинних вогнепальних поранень м'яких тканин кінцівок та контузії артерій гомілок при УЗДГ визначилися колатеральні артерії (комуніканти), (голуба та жовта стрілки), що застосовуються як маркери життєздатних тканин для трансплантації шкіяних чи м'язово-шкірних лоскутів.

Із загального масиву обстежених (n=1014 постраждалих) променеві дослідження вісцеральних артерій провели у 969, а вен – у 970 постраждалих. Так, із 969 обстежених у 14 % (136 постраждалих) на УЗДГ встановлено ушкодження вісцеральних артерій. У постраждалого В., 29 р., прооперованого на попередніх РМЗ, який був переведений у ВРІТ для хірургічних хворих на УЗДГ ниркових артерій діагностовано ятрогенне їх ушкодженням (рис. 7.25). На рис. 7.26 представлений візуальний приклад експертного діагностичного значення УЗДГ ниркових артерій у солдата М., 37 р., з політравмою. У нього був зібраний бойовий анамнез та встановлено, що під час повороту башти танка, його затиснуло між дулом та бронею. В момент бойової травми постраждалий був у бронежилеті.



Рис. 7.25. Постраждалий В., 29 р. з інфарктом правої нирки. Тромбоз правої ниркової артерії. УЗДГ правої нирки. Відсутність внутрішньониркового картування в режимі КДК. Інфаркт правої нирки. Паренхіма правої нирки не контрастується у всі фази контрастування. У воротах правої нирки ренальна артерія не прослідковується. Тромбоз правої ренальної артерії

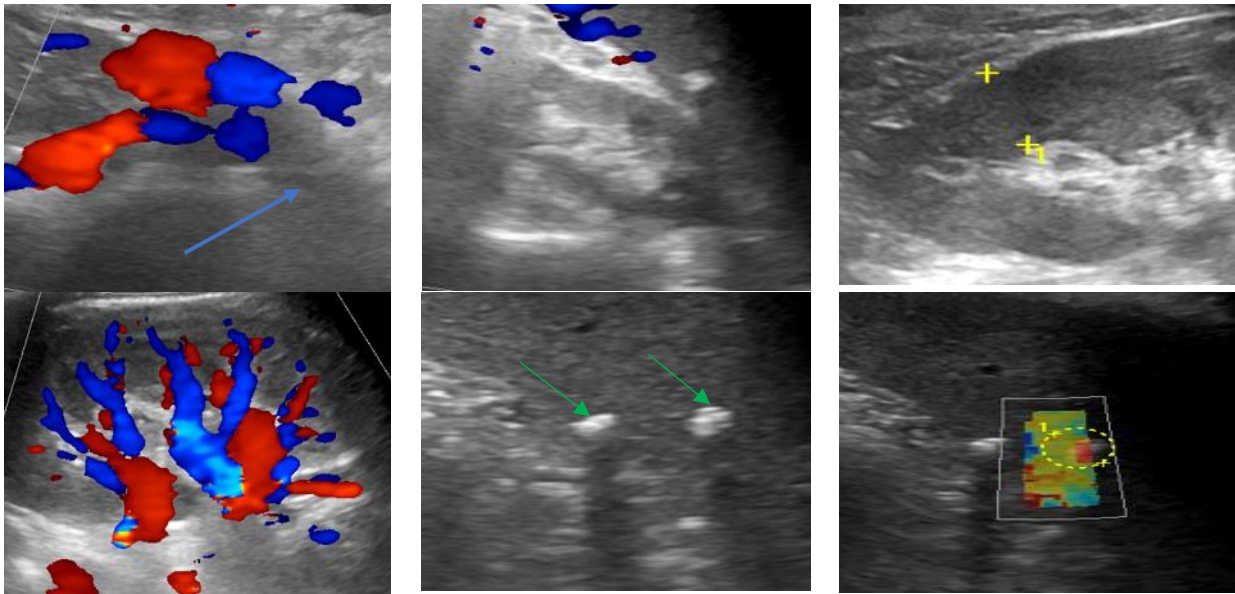


Рис. 7.26. Медична візуалізація IV РМЗ. УЗДГ ниркових артерій

Як видно з рис. 7.26, діагностовано відсутність картування гирла лівої ниркової артерії (голуба стрілка), зморщення лівої нирки, незмінений судинний малюнок правої нирки (товщина паренхіми правої нирки 18,6 мм, лівої нирки 12,4 мм).

У селезінці візуалізувалися множинні кальцинати (зелена стрілка), СЕГ кальцинатів E 20 кПа, V 2,6 m/s. У постраждалого солдата М., 37 р., діагностовано закриту травму хребта, перелом поперечних відростків L2, L3 хребців з больовим синдромом, забій лівої нирки з розвитком ГПН лівої нирки ренального генезу, забій лівої легені з розвитком травматичного пульмоніту, малого лівобічного гідротораксу (рис. 7.26).

На рис. 7.27 у постраждалого Б., 32 р., представлено ехограми в різних режимах та динаміки візуалізації артеріовенозної фістули правої частки печінки.

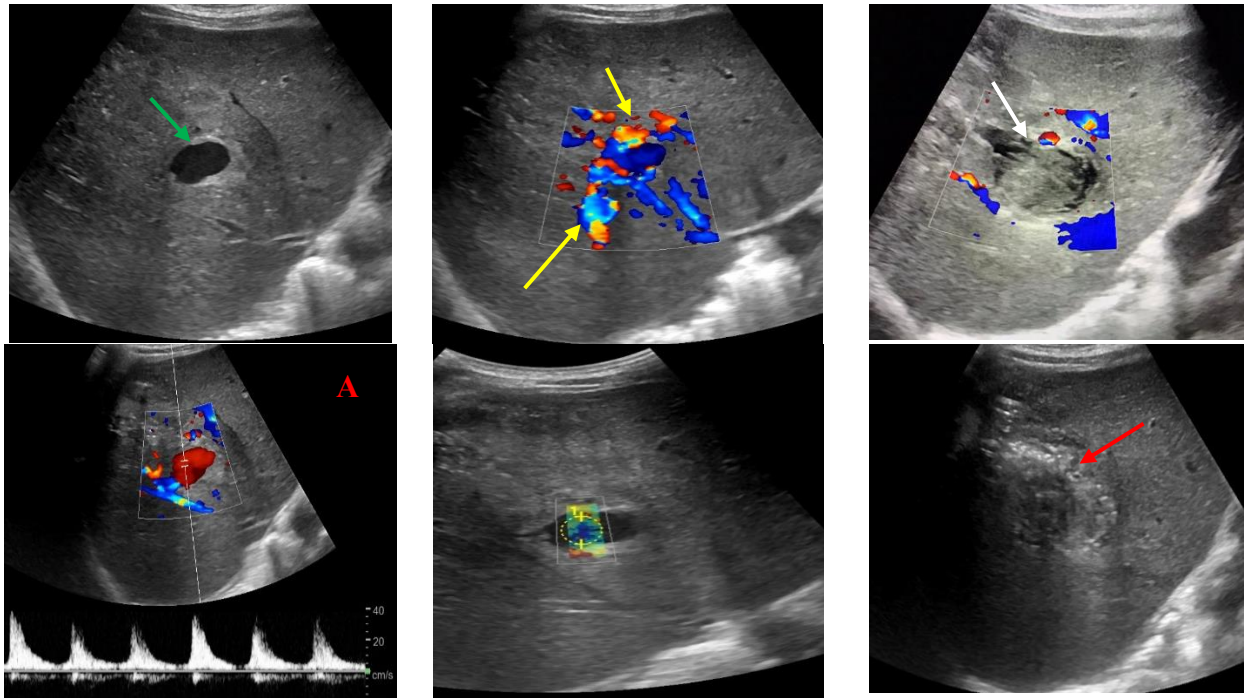


Рис. 7.27. Солдат Б., 32 р. УЗД, УЗДГ, СЕГ. Вибухове осколкове торакоабдомінальне проникне поранення, з ушкодженням правої легені, правого купола діафрагми, правої долі печінки. Забій серця. Стан після операції лапаротомія, ушивання поранення печінки, виведення асцендостоми, релaparотомія, ревізія органів черевної порожнини гемостаз печінки, ушивання правого купола діафрагми, торакотомія справа, дронування правої плевральної порожнини за Бюлау. Ускладнення – внутрішньопечінкова (Sg 4, 5, 7, 8) артеріовенозна фістула

У сірошкальному режимі представлено однорідну, анехогенну структуру (зелена стрілка); в режимі КДК – хаотичне судинне та позасудинне картування (жовта стрілка), а також відсутність картування гематоми печінки (біла стрілка); на 4-ту добу після поранення в триплексному режимі визначався артеріальний компонент кровотоку (А); в режимі СЕГ показник був 9,5 кПа; на 8-му добу після поранення візуалізувався газ у РК печінки (червона стрілка). Інтраопераційно було встановлено артеріовенозну фістулу. Крім представлених прикладів БУ вісцеральних артерій у 78 (8,0 %) постраждалих із БТ, спостерігалися ушкодження вісцеральних вен, або АФЗ їх локалізації (рис. 7.28). Оскільки на всіх РМЗ для сортування постраждалих у післяопераційному періоді до FAST, EFAST протоколу включали оцінку НПВ, було визначено її діаметр та черевної аорти, а також обчислено кава-аортальний індекс (табл. 7.13).

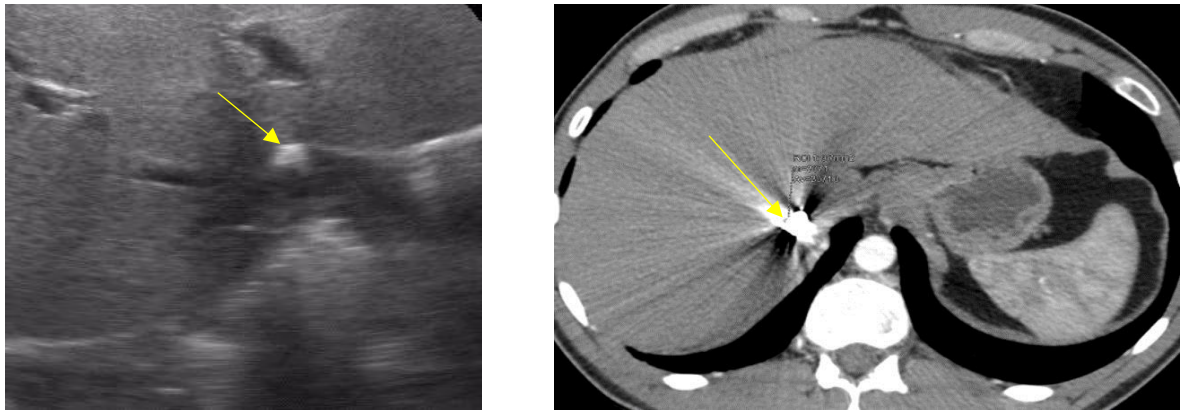


Рис. 7.28. СТВП, металевий осколок гирла нижньої порожнистої вени (жовта стрілка)

Таблиця 7.13

Значення діаметрів та қава-аортального індексу, n=1014

Показник	Діаметр черевної аорти, мм	Діаметр НПВ, мм	Кава-аортальний індекс
Кількість	1014	1014	1014
Minimum	15,3	13,2	0,491
Maximum	35,6	27,2	1,548
Median	18,5	16,2	0,854
Q _I -Q _{III}	17,6-20,2	15,1-17,0	0,801-0,895

Як видно з табл. 7.13, медіана значень діаметрів аорти та НПВ були в межах норми (18,5 мм та 16,2 мм відповідно), қава-аортальний індекс був 0,854, що відповідало межовому показнику норми. Тому подані параметри клінічного значення не мали, що також відповідало гемодинамічно стабільному стану або допустимій стабілізації у постраждалих під час евакуації, транспортуванні, чи обстеженні їх у ВРІТ, хірургічних відділеннях НВМКЦ «ГВКГ».

Із наслідків ушкодження судин, що загрожували життю, були кровотеча та ішемія в термінах виникнення ускладнень: ранні (3–7 діб у 85 постраждалих), пізні (від 7 діб у 32 постраждалих) та вторинні кровотечі, переважно у нічний час (у 112 постраждалих). Серед ускладнень БУ судин вирізняли: пульсуючу гематому, артеріовенозну фістулу (норицю), післятравматичну псевдоаневризму, артеріальний тромбоз, венозний тромбоз та ускладнення: ішемічне ураження тканин (ішемія мозку, внутрішніх органів, кінцівки), хронічна артеріальна, венозна недостатність, інші ускладнення.

Зважаючи на вищенаведене, із загальної кількості проведених УЗД, УЗДГ, СЕГ у постраждалих (n=1014 осіб) встановлено статистичні кількісні показники застосованого ультразвукового методу МВБТ: мінімальна кількість була одне УЗД, максимальна – 16 УЗД, медіана значень – три УЗД, міжквартильний інтервал ($Q_I - Q_{III}$) за весь дослідний період відповідав 3–4 ультрасонографіям.

Опромінюючий (рентгенологічний) метод МВБТ посів провідне місце у клінічній оцінці ушкоджень з II до IV РМЗ. РГ кістково-суглобової системи включала оглядові знімки кісток, суглобів, м'яких тканин у прямій, бічній та інших проєкціях. Переломи кісток та/або вивихи суглобів спостерігалися у 59,0 % (346 постраждалих), ампутаційні кукси були у 13,7 % (80 обстежених). Ознаки ушкоджень м'яких тканин, набряку, гематоми, газ, гемартроз було встановлено у 88,7 % (400 постраждалих), репозиція, конструкції були у 38,4 % (244 обстежених), дефекти кісткової тканини, МОС, фіксований АЗФ спостерігалися у 38,6 % (224 постраждалих), ознаки остеомієліту, пухлиноподібні утворення кісток були в 9,4 % та у 8,6 % випадків відповідно. Кулі, осколки різної локалізації візуалізувалися у 57,8 %, кісткові уламки у 34,6 % обстежених (рис. 7.29).



Рис. 7.29. Рентгенограми постраждалого з осколковим пораненням м'яких тканин таза, кінцівок

На рис. 7.29 представлені рентгенограми у постраждалого Р., 32 р., з осколковими пораненнями незахищених м'яких тканин тулуба, кінцівок (голуба стрілка) в оптимальних різноплощинних проєкціях (пряма, бічна, задня, передня). Кістково-травматичні зміни АФЗ сканування у етапованих постраждалих проводили з синдромальним підходом поліструктурних

ушкоджень кісткових структур в оптимальних проєкціях та з мінімальною дозою опромінення. У 68,7 % (400 постраждалих) верифіковано кулі, осколки, встановлено БУ м'яких тканин, набряк, підшкірний газ (приклад інтраосальної локалізації осколка, рис. 7.30).



Рис. 7.30. Інтраосальна локалізація СТВП, осколок голівки плечової кістки

У 21,6 % випадків із загального масиву обстежених на рентгенограмах були встановлені зміни легеневої тканини (зниження пневматизації легеневих полів, неоднорідні ділянки затемнення, гематоми, або підсилення легеневого малюнку), забій легеневої паренхіми, ущільнення, післятравматичний пульмоніт, ателектаз спостерігали у 50,8 % випадків (додаток А78). Ознаки пневмонії, абсцесу легень, емпієми плеври були у 13,7 % випадків (додаток А79). Нечіткий контур діафрагми, підозра на її ушкодження виявлялися у 9,2 % обстежених. Плевральний випіт був у 34,0 % випадків (додаток А78). Переломи груднино-реберного каркаса, шийного, грудного відділу хребта визначали у 20,6 % випадків. Пневмоторакс було встановлено у 14,7 % випадків обстежених, дисекція аорти, зміщення середостіння спостерігали у 10,0 % випадків (додаток А78). У 6,9 % (67 обстежених) визначалися осколки, кулі внутрішньолегенево, або інтраторакально; екстраторакально, екстрацервікально (м'які тканини шиї, грудної клітки) візуалізувалися у 16,5 % (160 постраждалих), (додатки А78, А79; рис. 7.31).

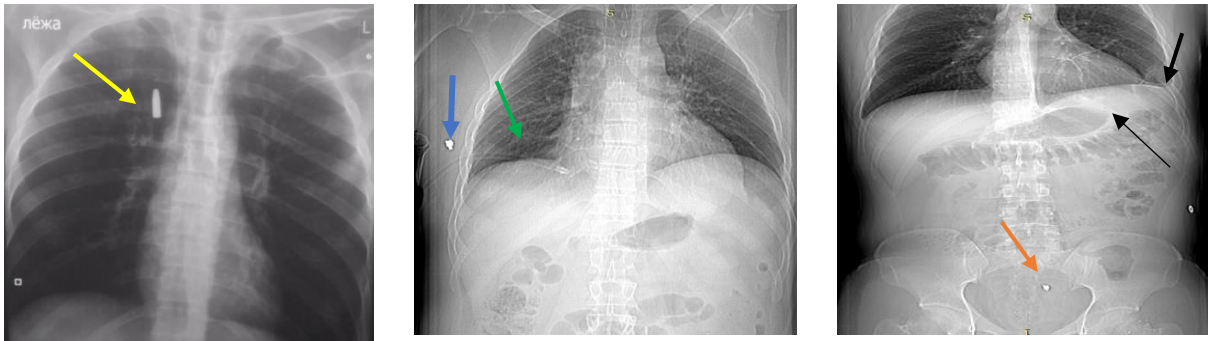


Рис. 7.31. Візуалізація бойових ушкоджень грудної клітки, черевної порожнини, таза. Кульове поранення правої половини грудної клітки (жовта стрілка). Вогнепальне осколкове сліпе проникне поранення правої половини грудної клітки. Правобічний пневмоторакс. СТВП, осколок на рівні 5-го міжребер'я по передній аксилярній лінії справа, в м'яких тканинах металевий осколок 11,9x11,7мм (голуба стрілка); парамедіастинально пневмоторакс (зелена стрілка). Вогнепальне осколкове сліпе проникне поранення лівої половини грудної клітки. Вогнепальний осколковий перелом VI ребра зліва. Лівобічний гемопневмоторакс. СТВП лівої легені. Післятравматичний пульмоніт нижньої частки лівої легені, лівобічний адгезивний плеврит. СТВП, осколок 10,6x5,6 мм параректально зліва; ділянки консолідації легеневої тканини, високе стояння купола діафрагми (чорна стрілка)

У 20,4 % обстежених на рентгенограмах визначилися сторонні тіла невогнепального походження (кісткові уламки, дренажі, трахеостомічні трубки, катетери, СТ медичного призначення).

Рентгенологічні дослідження, що включали рентгеноскопію, рентгенографію травного каналу та органів черевної порожнини, заочеревинного простору, таза проводили в умовах природної контрастності та штучного контрастування у прямих, бічних, косих, інших проєкціях. Із загального обсягу безконтрастних досліджень живота (n=388 постраждалих) у 8,0 % (70 хворих) діагностовано пневмоперитонеум, у 11,3 % (44 хворих) гідроперитонеум. Із 345 обстежених у 15,2 % (74 постраждалих) рентгенологічно діагностовано кишкову непрохідність. Переломи кісток таза, хребта нижньо-грудного та поперекового відділів спостерігалися у 26,1 % (105 обстежених) (рис. 7.32, 7.33).

Дослідження органів черевної порожнини із штучним контрастуванням виконали у 158 постраждалих, з них у 38,0 % (60 постраждалих) діагностовано неспроможність швів анастомозів прооперованих порожнинних органів, затікання контрастної речовини в черевну порожнину.

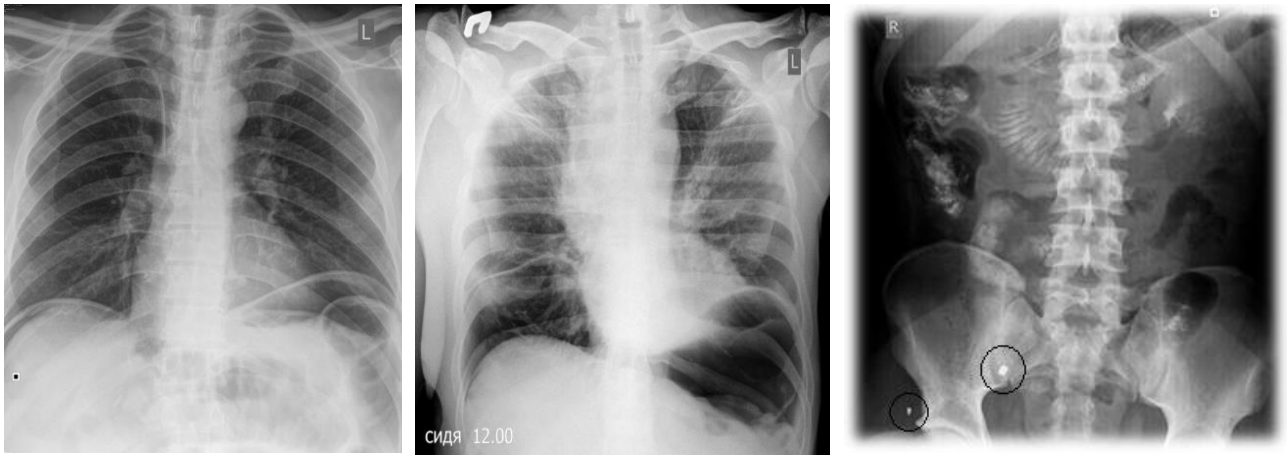


Рис. 7.32. Оглядові рентгенограми у постраждалих із БТ. Пневмоперитонеум, у напіввертикальному положенні, осколки м'яких тканин таза

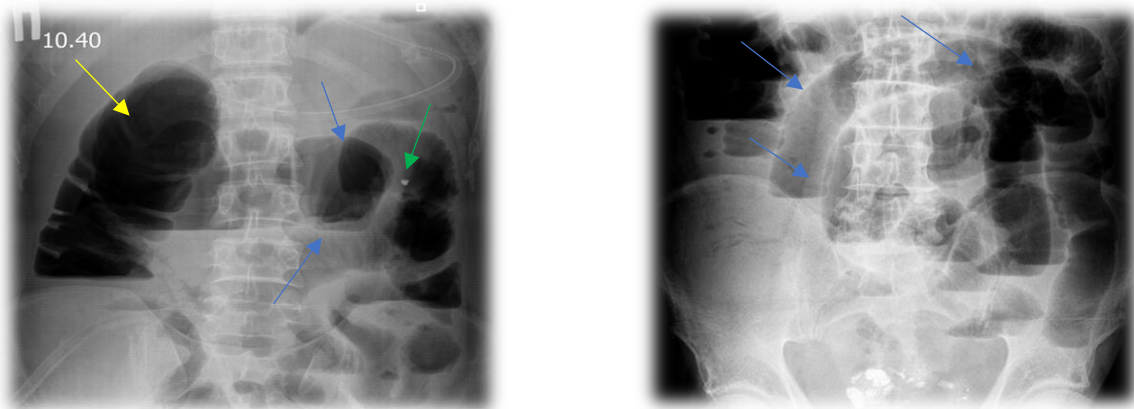


Рис. 7.33. Оглядова рентгенограма органів черевної порожнини в прямій проєкції у вертикальному положенні хворих. Кишкова непрохідність: множинні рівні рідини в центральних відділах черевної порожнини (голуба стрілка); пневматоз товстої кишки (жовта стрілка); СТНВП зліва, металевої щільності, осколок (зелена стрілка). Множинні рівні рідини у верхньому поверсі черевної порожнини (голуба стрілка)

У 30,3 % (47 постраждалих) були кишкові нориці, внутрішньочеревинні та внутрішньоторакальні затікання контрасту. У 32,6 % (56 постраждалих) контрастувалися та накопичували контраст СТНВП (медичного призначення, марлеві серветки, тампони, інший текстильний матеріал), (додаток А83). У 20,0 % (31 постраждалих) було діагностовано злукову хворобу (додаток А85). Рентгеноскопічне дослідження із фіксацією зображень у прямій та бічній проєкціях, фістулографію представлено на рис. 7.34.

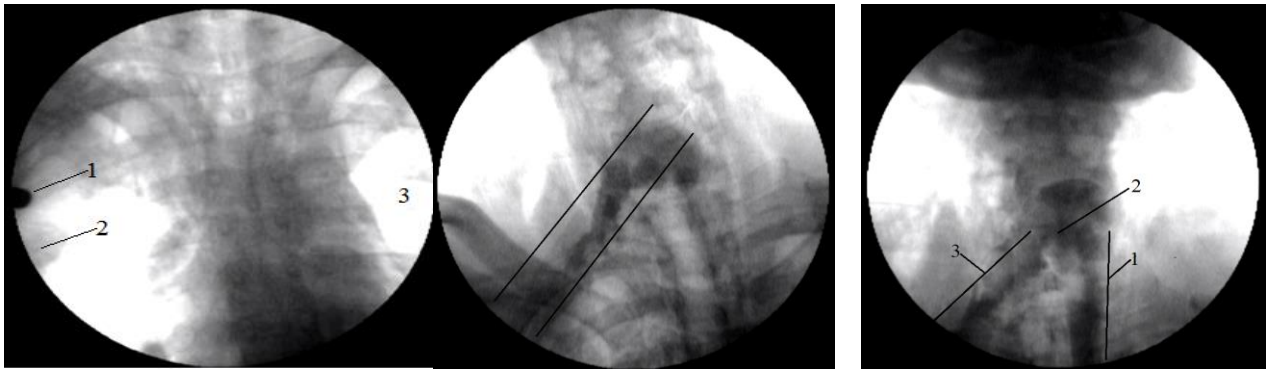


Рис. 7.34. Рентгеноскопія у постраждалого з кульовим пораненням стравоходу. Початок дослідження: 1 – тіло металевої щільності (куля); 2 – субплевральні відділи правої легені; 3 – ліва легеня. Рентгеноконтрастне дослідження. Нахил голови вперед. РК. Контрастна езофагоскопія: 1 – стравохід; 2 – затікання контрасту; 3 – рановий канал

Фістулографію проводили в динаміці для отримання інформації про локалізацію, розміри, форму гнійно-некротичних порожнин у постраждалих при тривалому перебігу ранової чи травматичної хвороби, ускладненої гнійно-некротичними змінами у черевній порожнині або заочеревинному просторі з утворенням норичь (рис. 7.35).

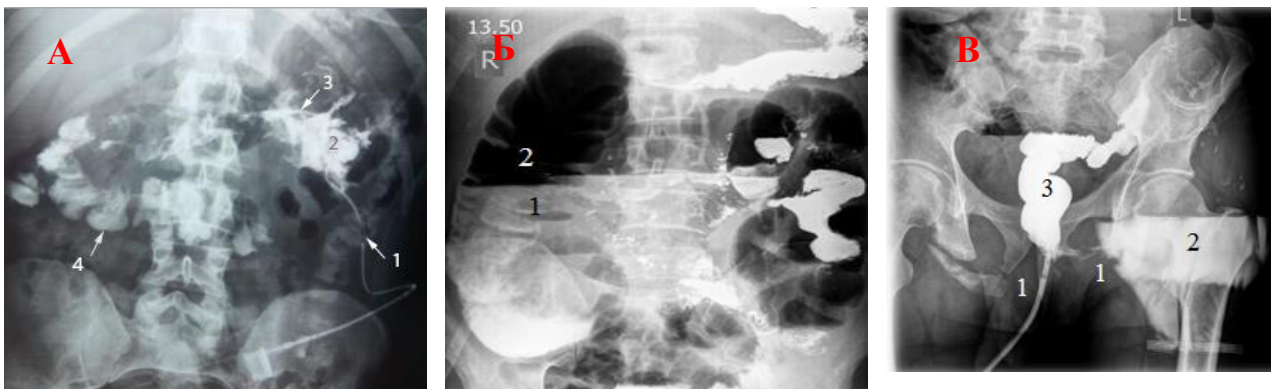


Рис. 7.35. Рентгеноконтрастні дослідження черевної порожнини для діагностики БУ та ускладнень у постраждалих із БТ. А – фістулографія. Панкреатично-товстокишкова норичья. Рентгеноконтрастна речовина введена через встановлений катетер у порожнину абсцесу: 1 – катетер; 2 – заочеревинний гнійник; 3 – панкреатична протока; 4 – товста кишка. Б – гідроперитонеум: 1 – рідина в черевній порожнині; 2 – пневматоз товстої кишки. В – мінно-вибухова травма: 1 – множинні переломи кісток таза; 2 – перелом лівої стегнової кістки; 3 – контраст у товстій кишці.

У 20,0 % (31 постраждалих) із БТ сечовидільної системи визначилися рентгенологічні ознаки ушкоджень (додаток А85). При обстеженні таза в прямій проєкції було встановлено ушкодження кісток у 26,1 % випадків (додаток А81).

Переломи кісток таза супроводжувалися великою крововтратою. СТВП (кулі, металеві осколки), СТНВП (кісткові уламки, медичний матеріал) із 162 обстежених в післяопераційному періоді були візуалізовані у 11,8 % (120 випадків) у черевній, грудній порожнині, заочеревинному просторі. Візуальні показники значень БУ локалізації грудної клітки, черевної порожнини, таза, кістково-суглобової системи з розмірами дефекту кісткової тканини, СТВП, СТНВП представлені у табл. 7.14.

Таблиця 7.14

Показники розмірів дефекту тканини та сторонніх тіл вогнепального та невогнепального походження

Показники розмірів, мм	Кількість	Minimum	Maximum	Median	QI–QIII
Розмір дефекту кісткових тканин	122	3,2	132	32	8,2–52,8
Розмір СТВП м'яких тканин, черевна стінка, грудна клітка, таз	263	3,1	34	7,8	6,3–9,5
Розмір СТВП, СТНВП неуточненої локалізації	162	2,4	40	7,2	5,3–9,3
Розмір СТВП, СТНВП за даними рентгенологічного дослідження, внутрішньоорганно, внутрішньопорожнинно грудної клітки, черевної порожнини, заочеревинного простору, промежини	98	2	50	7,25	5,3–10,3

Як видно з табл. 7.14, середнє значення медіани дефекту кісткової тканини склало 32 мм (8,2–52,8) мм, а розмір сторонніх тіл різної локалізації, походження не відрізнялися (медіана 7,2 мм та 7,25 мм відповідно), розмір осколків був 7,8 мм (6,3–9,5) мм, (рис. 7.36).

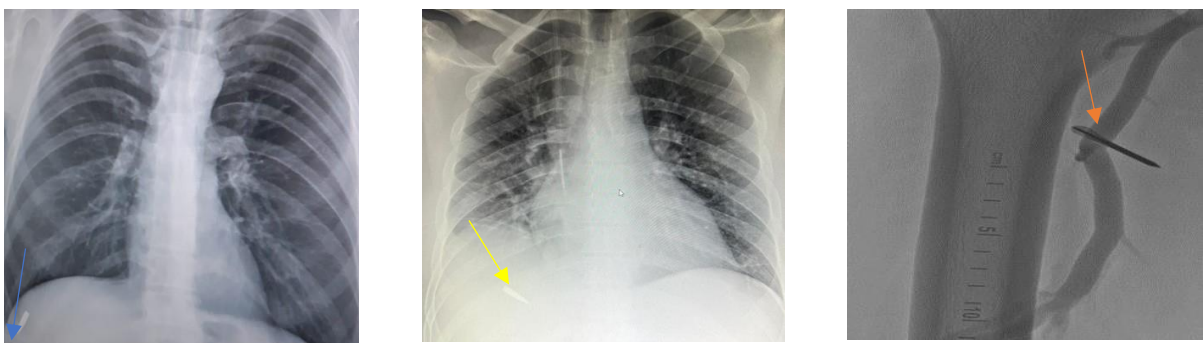


Рис. 7.36. СТВП візуалізація рентгенологічним методом МВ БК 5,45 мм правої частки печінки (голуба стрілка). БК 5,45 мм правої плевральної порожнини (жовта стрілка). РАГ. Флашета (стрілоподібний елемент) стегна (помаранчева стрілка)

Як подано на рис. 7.36, у загальному масиві обстежених у 11,8 % (120 постраждалих) на оглядових рентгенограмах органів грудної, черевної порожнини у печінці, плевральних порожнинах, селезінці, різних внутрішніх органів та ангіограмах м'яких тканинах кінцівок були верифіковані кулі, осколки, флашети.

У всіх діагностичних випадках приділялася увага встановленим фізико-технічним параметрам джерела випромінювання, способів захисту обстежених та медичного персоналу, що задіяний у дослідженні, з дотриманням вимог радіаційної безпеки [Наказ МОЗ України від 17.12.2020 № 2935 «Про внесення змін до Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 січня 2021 року за № 98/35720], [102, 119] без втрат необхідної діагностичної інформації (табл. 7.15).

Таблиця 7.15

Сумарна доза опромінення від рентгенологічного дослідження

Показник	Кількість	Minimum	Maximum	Median	Q _I – Q _{III}
Загальна кількість рентгенологічних досліджень за дослідний період	1014	0	10,0	2,0	1,0–2,0
Сумарна доза опромінення від рентгенологічного дослідження, мЗв	1014	0	14,8	1,6	0,3–3,25

Відповідно до представленої тактики візуального контролю із застосуванням МДКТ (*Full Body Scan*) проаналізували БУ голови, черепа та інших анатомічних структур голови. Переломи кісток лицевого черепа, очниць, ушкоджень м'яких тканин екстракраніальної АФЗ спостерігали у 38,4 % (234 постраждалих) (додаток А26). У 30,2 % (184 постраждалих) були переломи кісток основи та склепіння черепа (додатки А30, А36). У 41,8 % (255 постраждалих) – внутрішньомозкові, оболонкові гематоми, забій головного мозку, внутрішньошлуночкові крововиливи, САК (додатки А26, А30, А31, А38, А66, А67, А75). У 13,1 % (80 постраждалих) зустрічалися набряк, дислокація

головного мозку (додатки А30, А31) та пневмоцефалія – у 11,6 % (71 постраждалих) (додаток А73). У 16,3 % (100 постраждалих) спостерігалися СТВП (кулі та їх оболонки, осколки) інтрацеребральної локалізації, у 73 постраждалих інтраопераційно порівняли з еталоном щільності, який був визначений в експериментальних умовах БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н6, 7Н10, 7Н22, щільність СТВП – 3071 од. НУ (додатки А17, А25). Розподіл показників щільності куль, осколків інтрацеребральної локалізації наступний: у 37,0 % (27 постраждалих) < 3071 од. НУ, у 63,0 % (46 постраждалих) \geq 3071 од. НУ. Екстрацеребральної та локалізації шиї кулі, осколки спостерігалися у 148 постраждах, з них у 63,5 % (94 постраждалих) щільність була \geq 3071 од. НУ, у 36,3 % (54 постраждалих) < 3071 од. НУ (рис. 7.37, 7.38).

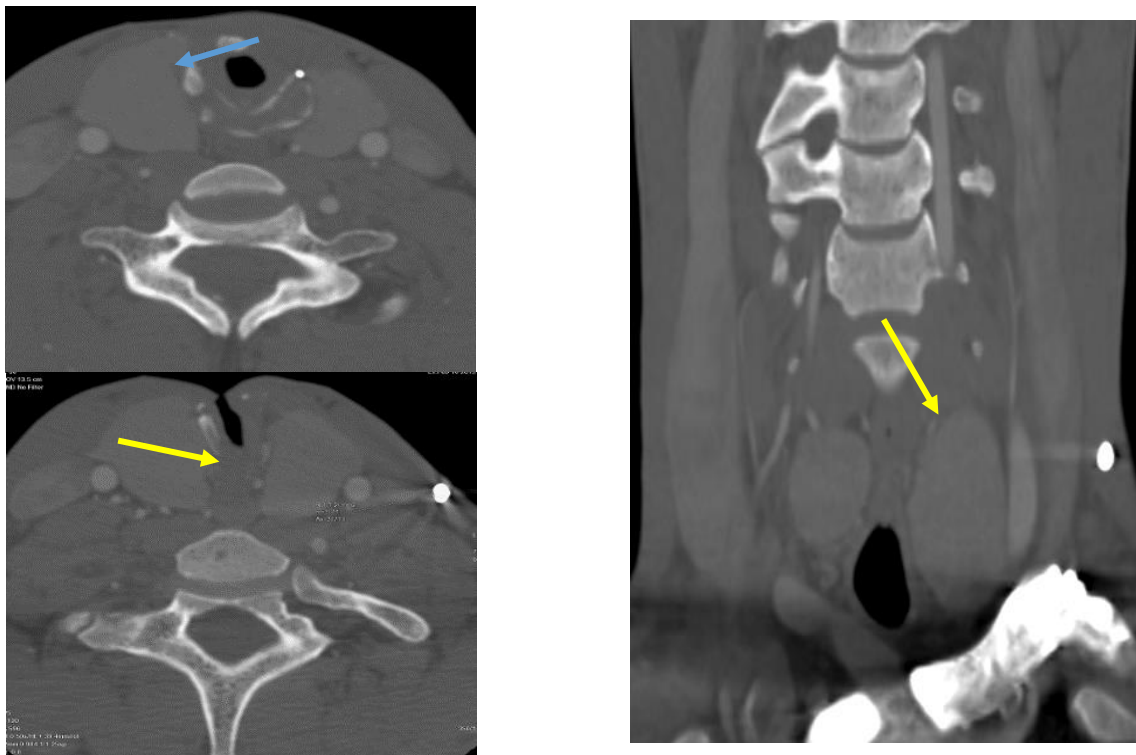


Рис. 7.37. МДКТ шиї без контрастування. Вогнепальне кульове наскрізне поранення шиї з ушкодженням передньо-бокової стінки трахеї зліва на рівні 1–4 кілець, міжм'язова гематома бокової поверхні шиї зліва, емфізема шиї з обох боків, пневмомедіастинум. Функціонуюча трахеостома. СПО. Формування ларингостомии, усунення рубцевого стенозу. Візуальний контроль на IV РМЗ. МДКТ без контрастування шиї. Металевий осколок в проекції щитоподібної залози, щільність 3071 од. НУ (голуба стрілка); металевий осколок м'яких тканин шиї зліва (жовта стрілка)

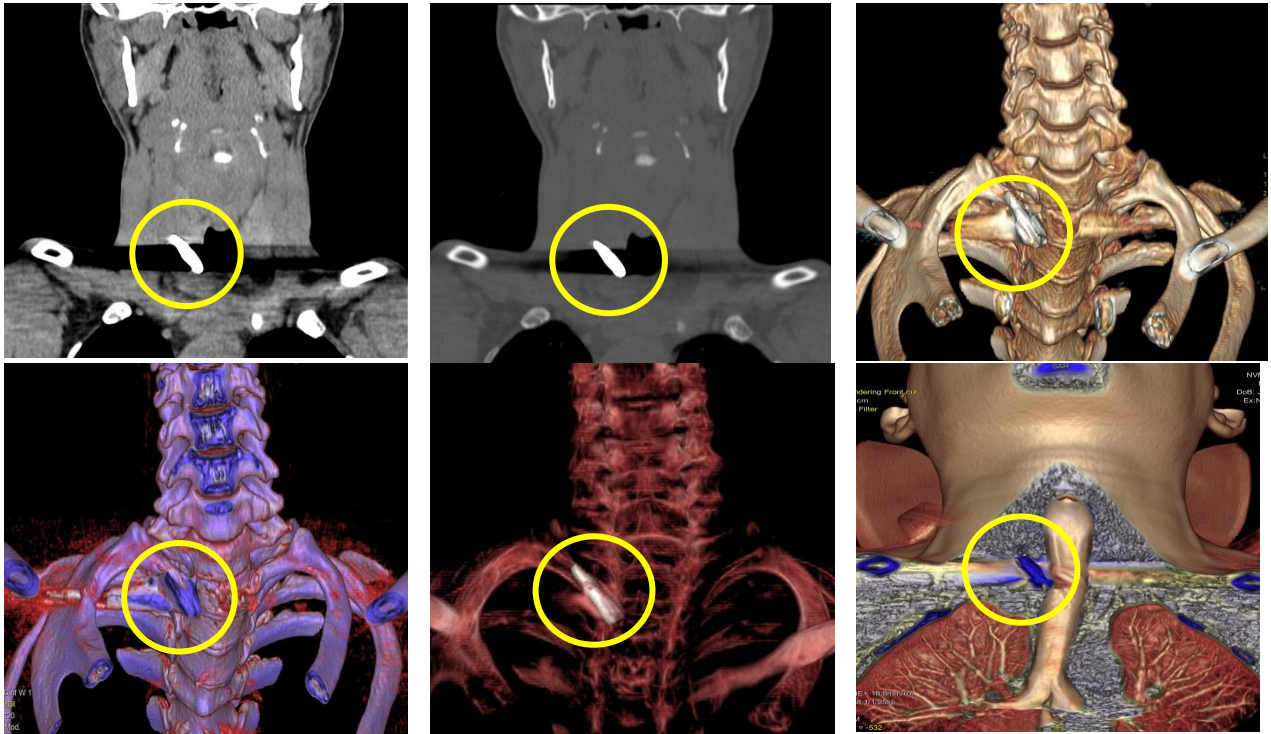


Рис. 7.38. Сержант К., 32 р. Кульове поранення шії. МДКТ. Куля калібру 5,45 мм, паратрахеально праворуч під нижнім полюсом правої частки щитоподібної залози, щільність 3071 од НУ (коло)

У 29,3 % (183 постраждалих) діагностували гемофтальм із СТВП або СТНВП орбіт (додаток А26). У 58,2 % (67 випадках) інтрацеребральної локалізації СТНВП у постраждалих із травмами голови мали щільність < 1000 од. НУ, у 41,8 % (28 постраждалих) щільність була > 1000 од. НУ. У 196 постраждалих був діагностований гемофтальм та гемосинус, рентгенівська щільність: у 24,5 % (48 постраждалих) < 40 од НУ; у 74,0 % (145 постраждалих) \geq 40 од., < 70 од. НУ та \geq 70 було у 1,5 % (3 постраждалих). У чотирьох випадках у постраждалих із БУ орбіт у ретробульбарному просторі був газ, щільність – 987 од. НУ. В ушкоджених м'яких тканинах голови, шії, грудної клітки у 57 постраждалих були СТНВП (кісткові уламки у 36,8 % (21 постраждалих) були < 1000 од НУ), у 63,2 % (36 постраждалих) \geq 1000 од. НУ, (скло, що подано на рис. 7.39).

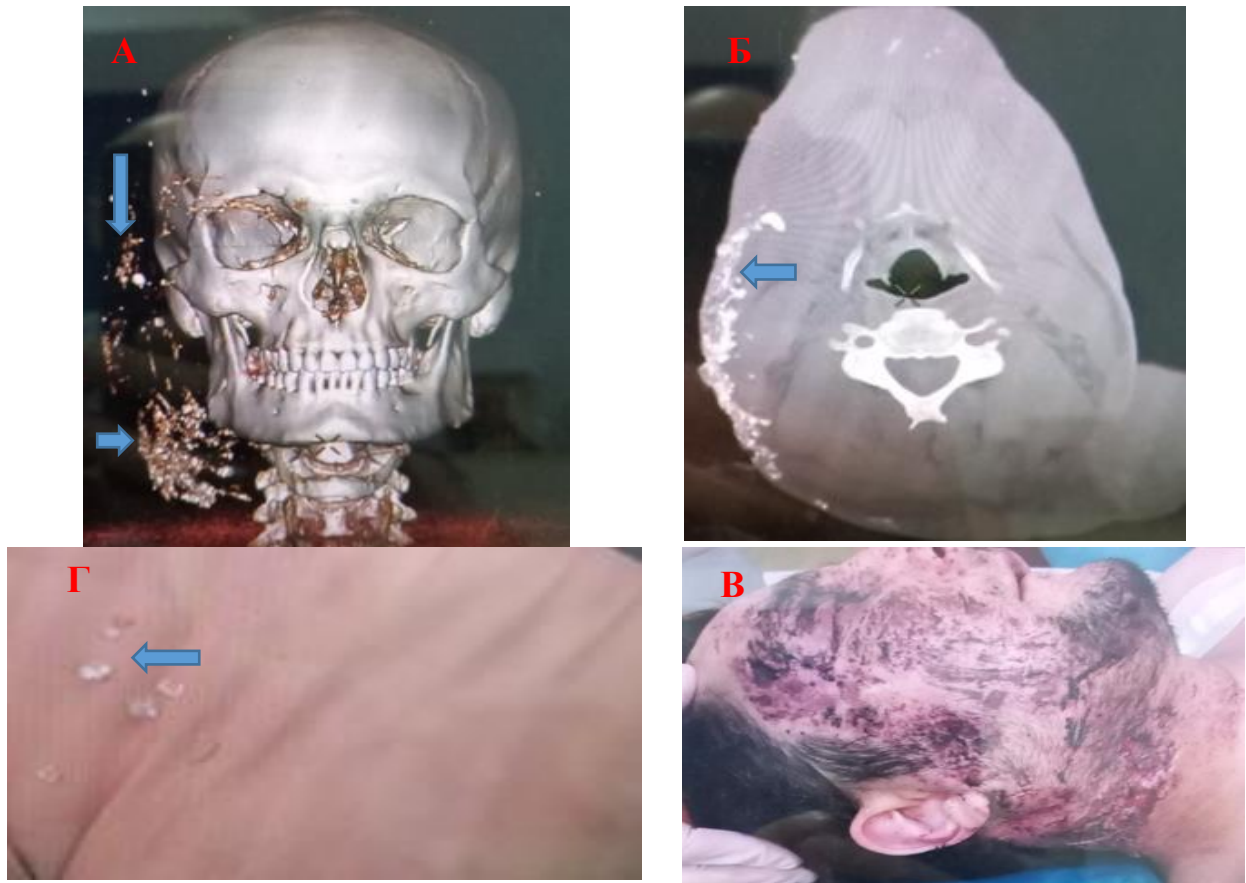


Рис. 7.39. Солдат Д., 41 р. Вибухове поранення шиї, обличчя. Візуальний контроль. МДКТ черепа: А – 3D реконструкція. Б – кістковий режим Аксіальний зріз. Множинні дрібні сторонні тіла м'яких тканин шиї, обличчя, правої параорбітальної ділянки, щільність 1048 од. НУ, скло (голуба стрілка). В – опіки та гематоми обличчя, шиї. Г – інтраопераційно дрібні осколки скла (голуба стрілка)

У 21,0 % (131 постраждалих) діагностовано кістозно-трепанаційні отвори, кістозно-атрофічні зміни головного мозку, гідроцефалію, асиметрію шлуночків, у 9,5 % (58 постраждалих) спостерігалися менінгоенцефаліти, абсцеси, пролабування головного мозку, а у 5,8 % (32 постраждалих) були ГПМК. Сфеноїдити діагностовані у 39,9 % (248 обстежених) із БТ різної локалізації, розподіл щільності вмісту наступний: у 96,4 % (160 постраждалих) < 33 од. НУ, у 3,6 % (88 обстежених) \geq 33 од. НУ (рис. 7.40, додаток А50).

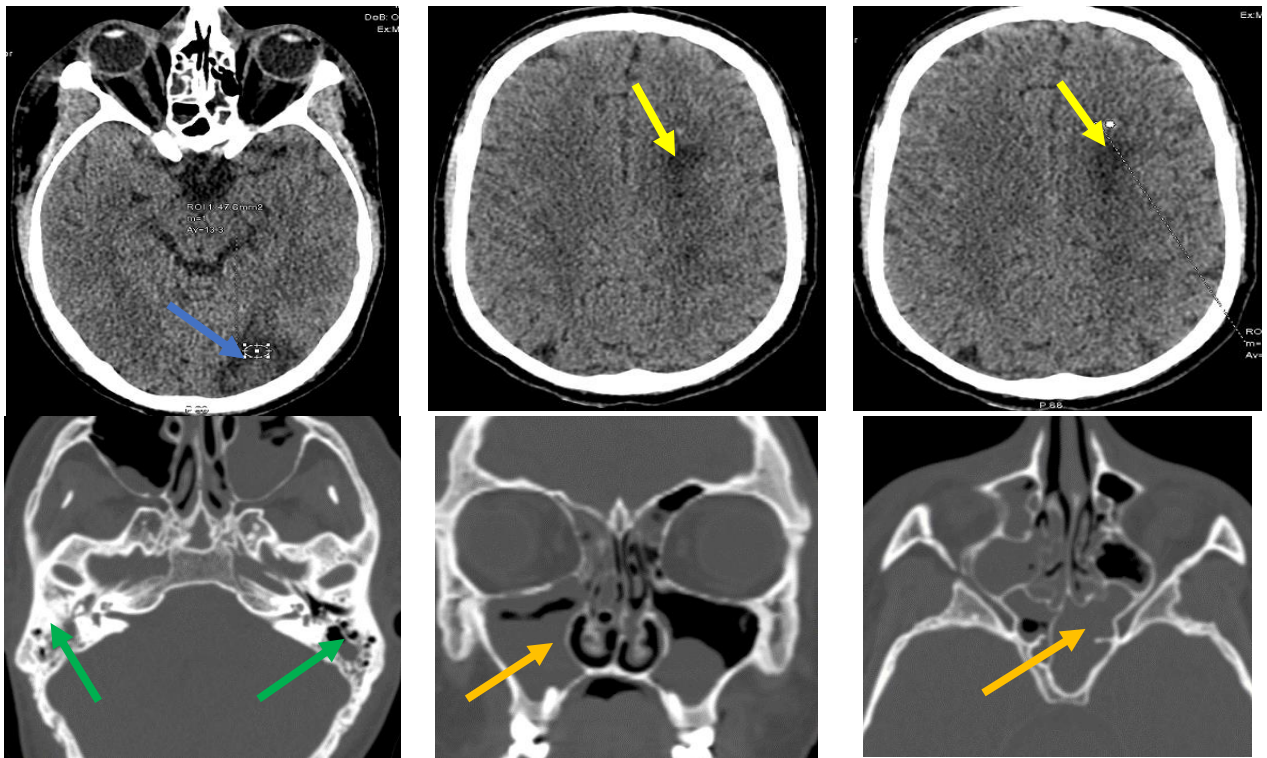


Рис. 7.40. Візуальні ознаки краніальних ускладнень з різними показниками щільності вмісту черепних пазух. Ділянка інсульту в потиличній долі лівої півкулі, щільність 13,3 од. НУ (голуба стрілка). Ділянка інсульту в лобній долі лівої півкулі, щільність 41,7 од. НУ (жовта стрілка). двобічний середній отит, щільність 19 од. НУ. Полісинусит (гаймороетмоїдит, сфеноїдит), щільність 23 од. НУ (помаранчева стрілка)

На рис. 7.41 представлено візуальний приклад анатомічної моделі багатовекторного впливу вибухового боєприпаса, дії вибухової хвилі на незахищену функціональну зону шиї із бойовим ушкодженням судин та розвитком післятравматичної псевдоаневризми внутрішньої сонної артерії (голуба стрілка) та потраплянням осколка у глибокі простри шиї (червона стрілка).

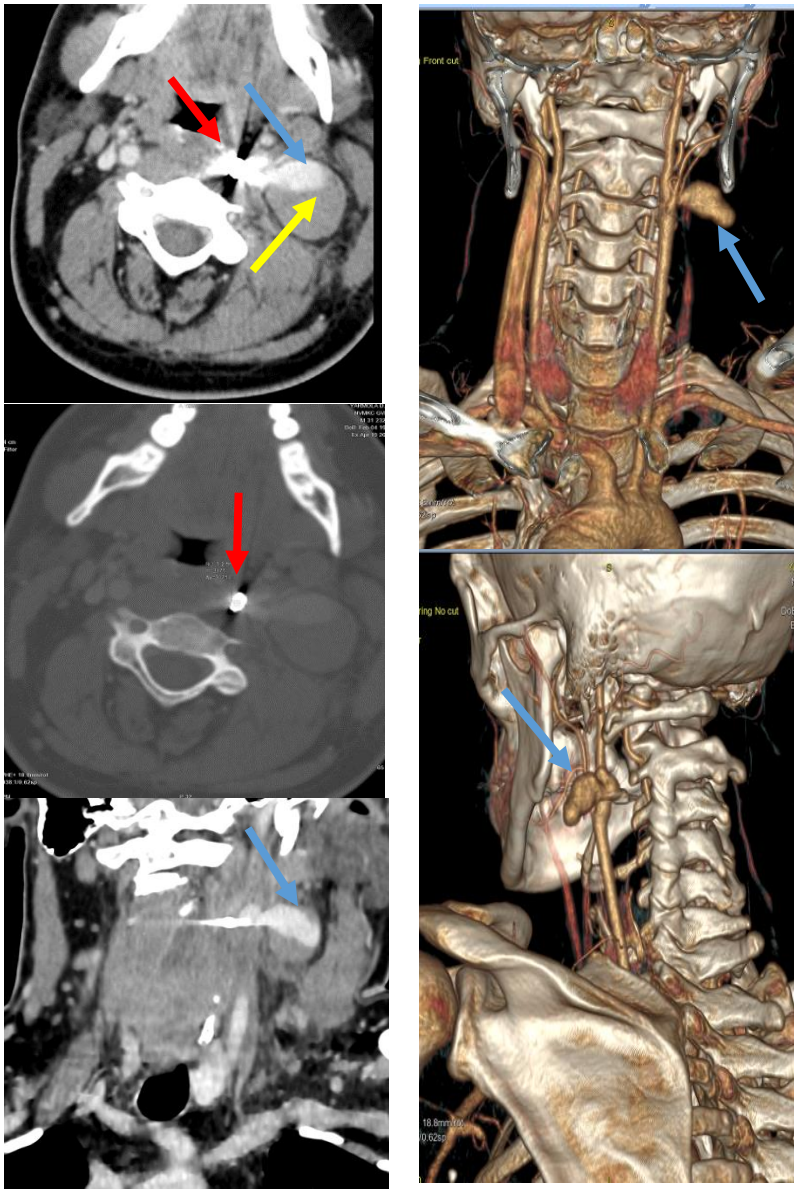


Рис. 7.41. Солдат Я., 31 р. Вибухова травма голови, шиї. МДКТ із контрастуванням. Сліпе осколкове поранення шиї з металевим осколком судинного простору. Післятравматична аневризма лівої внутрішньої сонної артерії. Анамнез БТ. Поранення отримав внаслідок мінометного обстрілу та з автоматичної стрілецької зброї, знаходився у машині. Під час поранення перебував у шоломі та бронезилеті. Візуальний контроль на IV РМЗ. МДКТ з контрастуванням шиї (томогексол 350–100 мл). Післятравматична аневризма внутрішньої сонної артерії, розміром 28,8x32,1x36,9 мм, V 17,8 см³ (голуба стрілка); тромб, щільність 41 од. НУ (жовта стрілка); осколок сталеві оболонки кулі калібру 5,45 мм, розмір 7,8x5,0 мм паратонзілярно зліва, щільність 3071 од. НУ (червона стрілка)

Візуально-балістичний приклади постраждалих сержанта В., 37 р. та сержанта Г., 38 р., з вибуховою політравмою внаслідок розриву КАБ/КАР із БУ всіх анатомічних локалізацій тіла при застосуванні МДКТ із контрастуванням *Full Body Scan* подано на анатомічних моделях додатків А93, А94. На візуальному прикладі домінуючих ушкоджень шиї додатка А93 представлено КТ-ангіографію судин голови, шиї та діагностовано артеріовенозну фістулу зовнішньої сонної артерії та внутрішньої яремної вени. На додатку А94 постраждалому Г., 38 р., на IV РМЗ виконали рентгенокардіоваскулярну імплантацію графт-стента загальної сонної артерії на рівні псевдоаневризми та ушили загальну стегнову артерію.

На додатку А94 при візуальному контролі на ІV РМЗ на МДКТ-сканах візуалізовано графт-стент сонної артерії (червона стрілка) та тромбоз лівої внутрішньої яремної вени (голуба стрілка). Про потужну осколково-вбухову дію при застосуванні авіаційного озброєння противником свідчить розліт дрібних осколків у всі незахищені АФЗ постраждалого Г., 38 р.: металеві осколки м'яких тканин лівої щоки (жовта стрілка), шиї праворуч (біла стрілка), правої легені (помаранчева стрілка), лівого купола діафрагми (жовта пунктирна стрілка) та осколок заочеревинного простору ліворуч (зелена пунктирна стрілка), щільність яких 3071 од. НУ. Візуалізовано пельвікальний випіт (зірочка), щільність 3 од. НУ. Томографічно діагностовано ділянки посттравматичного пультмоніту в базальних сегментах обох легень, щільність 8,5 од. НУ (червона пунктирна стрілка), полісинусит, щільність 3,1 од. НУ (біла пунктирна стрілка), що було результатом впливу вибухової хвилі авіаційного боєприпаса. Також у постраждалого солдата Г., 38 р., з важкою ЧМТ розвинулися неоднакові по характеру і виразності зміни місцевого екстракраніального кровотоку у стентованій загальній сонній артерії, тромбоз ВЯВ та порушення загального мозкового кровообігу в гострому періоді вибухової політравми. Тому у постраждалого Г. діагностовано у тім'яно-потиличній долі лівої півкулі субкортикально зону інфаркту 66x30 мм, щільність 18,0 од НУ (зелена стрілка), а в підкоркових структурах скроневої лівої півкулі головного мозку визначилися ділянки лакунарних інфарктів 17,8x10,7 мм, щільність 21,1 од. НУ (помаранчева пунктирна стрілка), (додаток А94).

Томографічні показники, які оцінювали у постраждалих із бойовими ушкодженнями голови, черепа, шиї представлені в табл. 7.16. Як видно з табл. 7.16, проаналізовано декілька ділянок ушкоджень однієї АФЗ (головний мозок), медіана значення 43,5 од. НУ та 53,3 од. НУ, що відповідало геморагічному вмісту патологічних осередків; площа трепанаційного отвору 51 см², розміри інтрацеребральної локалізації осколків були: довжина 6,5 мм, ширина 4,3 мм, вміст придаткових пазух 23,8 од. НУ.

Томографічні показники БУ голови

Показники	Кількість	Minimum	Maximum	Median	Q _I –Q _{III}
Рентгенівська щільність патологічних мозкових осередків I, од. НУ	268	-131,0	78,0	43,5	23,3–56,2
Рентгенівська щільність патологічних мозкових осередків II, од. НУ	242	8,9	78,0	53,3	27,6–65,0
Розмір сторонніх тіл довжина, мм	224	2,4	35,5	6,5	5,3–8,3
Розмір сторонніх тіл ширина, мм	224	1,8	18,2	4,3	3,5–5,6
Площа трепанаційного отвору (см ²) кісткові дефекти, см ²	125	7,0	82,0	51,0	32,6–62,0
Рентгенівська щільність вмісту черепних пазух, од. НУ	248	14,3	46,7	23,8	17,9–36,4

Зважаючи на частотний розподіл домінуючої локалізації БУ (рис. 7.1), для діагностичного аналізу було об'єднано зони локалізацій ураження: грудну (48,9 %), черевну (37,2 %) порожнини, заочеревинний простір, таз (33,3 %) (табл. 7.1.2). За даними МДКТ *Full Body Scan* гемо/пневмоторакс визначився у 29,7 % (220 постраждалих), а плевральний випіт був майже у 2 рази частіше діагностований – у 54,7 % (405 постраждалих). Показники рентгенівської щільності порожнинних випотів у 17,0 % (69 постраждалих) були ≤ 12 од. НУ, що відповідало трансудату, а у 44,7 % (182 постраждалих) показник 12–30 од. НУ – плевральний вміст був ексудатом. Гемоторакс спостерігався при показниках щільності випоту 30–50 од. НУ, а у 13,0 % (53 постраждалих) більше 50 од. НУ характерним були випадки і гемотораксу і гнійного вмісту, емпієми плеври в отриманих пунктатах. У шести постраждалих із БУ грудної клітки було діагностовано пневмомедіастинум (-897 ± 14 од. НУ). У 34 обстежених спостерігалася сепарація листків перикарда та наявність рідини в перикардіальній сумці, щільність була 8–30 од. НУ. За результатами МДКТ встановлено зміну структури легень: емфізему сегментів, були, порожнини легень, пневмоцеле, ранові канали у 16,5 % (122 постраждалих), (додаток А95). Неприлягання легеневої тканини до грудної клітки, розрив або колапс легень, забій, інфільтрація паренхіми, ателектаз діагностовано у 57,8 % (428 постраждалих).

На рис. 7.42 у 3D об'ємному рендерингу просторового зображення представлені легені з рановими каналами (червона стрілка) та порожнина після видалення легені (жовта стрілка).

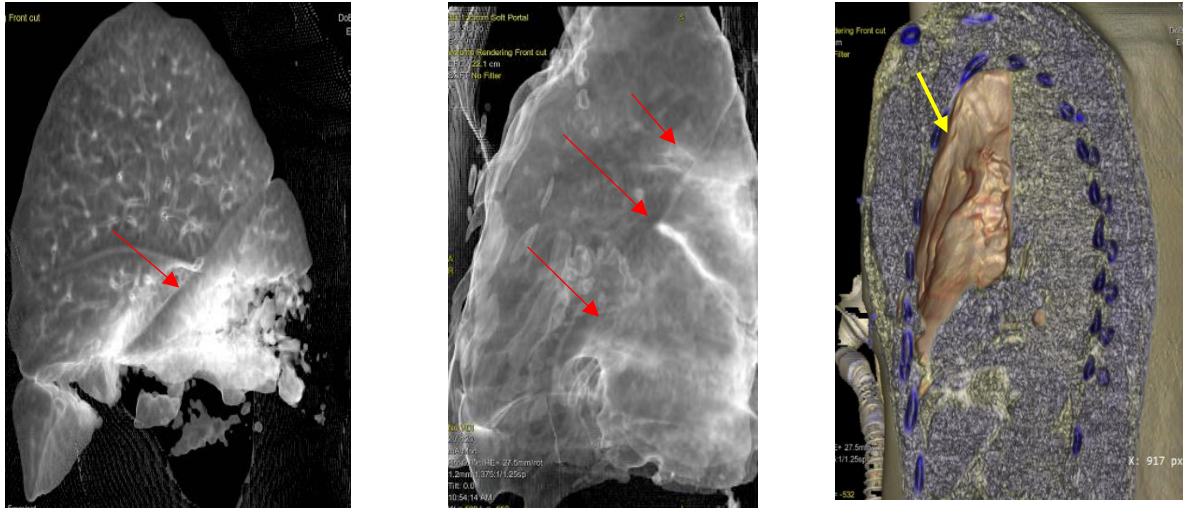


Рис. 7.42. 3D об'ємний рендеринг легень, плевральної порожнини. РК легень (червона стрілка). Пульмонектомія (жовта стрілка)

Як подано на рис. 7.42, сержанту К., 40 р., у НВМКЦ «ГВКГ» виконали пульмонектомію ліворуч (жовта стрілка), внаслідок заброневої травми грудної клітки при ворожому артилерійському обстрілі (він знаходився у захисному шоломі та бронезилеті).

При МДКТ в режимі сканування *Full Body Scan* у 18,8 % (204 постраждалих) візуалізувалися СТВП (кулі, осколки): поєднаної локалізації у 10,2 % (86 постраждалих), інтраторакальної у 13,9 % (118 постраждалих).

Щільність СТВП розподілилася наступним чином: у 13,8 % (22 постраждалих) ≤ 3000 од. НУ; у 79,4 % (127 постраждалих) ≥ 3071 од. НУ; у 6,9 % (11 постраждалих) показник був 3000–3070 од. НУ, інші випадки не визначені. У 19 обстежених візуалізували металеві осколки торакокардіальної АФЗ (рис. 7.43, додаток А57).

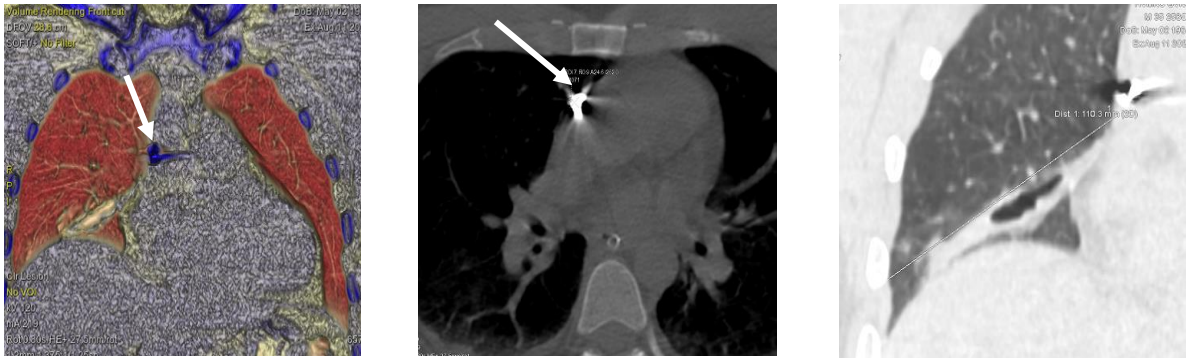


Рис. 7.43. Осколкове поранення серця. СТВП перикарда (біла стрілка). РК легені

Як видно з рис. 7.43, на МДКТ у 3D об'ємному рендерингу, у м'якотканинному та легеневому режимах визначився металевий осколок, щільність 3071 од. НУ, який успішно був видалений магнітом. На додатку А57 показано осколкове поранення серця внаслідок розриву боеприпаса начиненого металевими кубиками. СТВП (металевий кубик) був щільністю 2035 од. НУ, що характерно для вмісту у матеріалі вибухового пристрою алюмінію, цинку, легких металів.

У 27,9 % (205 постраждалих) на МДКТ *Full Body Scan* без контрастування було діагностовано переломи хребта, груднино-реберного каркаса, окремо ребер, а у 3,6 % (37 постраждалих) мали місце домінуючі БУ хребта (додаток А96). У 4,3 % (29 постраждалих) у хребтовому каналі візуалізувалися кулі, осколки, (додаток А49), паравертебральної локалізації СТВП були у 23,9 % (160 постраждалих).

У 123 постраждалих при скануванні *Full Body Scan* визначилися дефекти м'яких тканин тіла різної локалізації, медіана значення була 55 мм (min 5,8 – max 323 мм, $Q_I - Q_{III}$ 25 – 97,1 мм), (додатки А44, А51, А52, А69–А71, А74). У 31,8 % (240 обстежених) спостерігалися кісткові уламки зони ранового каналу, різних анатомічних локалізацій. У 34,1 % (346 постраждалих) з БУ грудної клітки і черевної порожнини, заочеревинного простору на IV РМЗ при сортувальній МДКТ з контрастуванням діагностовано пневмоперитонеум, СТНВП (дренажі, стоми різної локалізації та призначення). Дефекти м'яких тканин грудної клітки, черевної стінки, спини, кінцівок подано на рис. 7.44, 7.45.



Рис. 7.44. Поранений С., 34 р. Вогнепальне кульове наскрізне (вхідний отвір в лівій здухвинній ділянці, вихідний в ділянці лівої сідниці) поранення живота з множинними ушкодженнями петель тонкої кишки, прямої кишки, вогнепальним переломом крижової кістки зліва. Розлитий каловий перитоніт. Злукова хвороба черевної порожнини. Лапаростома. Функціонуюча ілео- та сигмостома. Синдром мальабсорбції. Ворожий обстріл. Дефект м'яких тканин аноректальної ділянки зліва (голуба стрілка). Сигмостома (жовта стрілка), дренажі (чорна стрілка)

Постраждалому Г., 35 р., на попередньому рівні виконали хірургічну обробку ран кінцівок, дренажування правої плевральної порожнини (рис. 7.45).

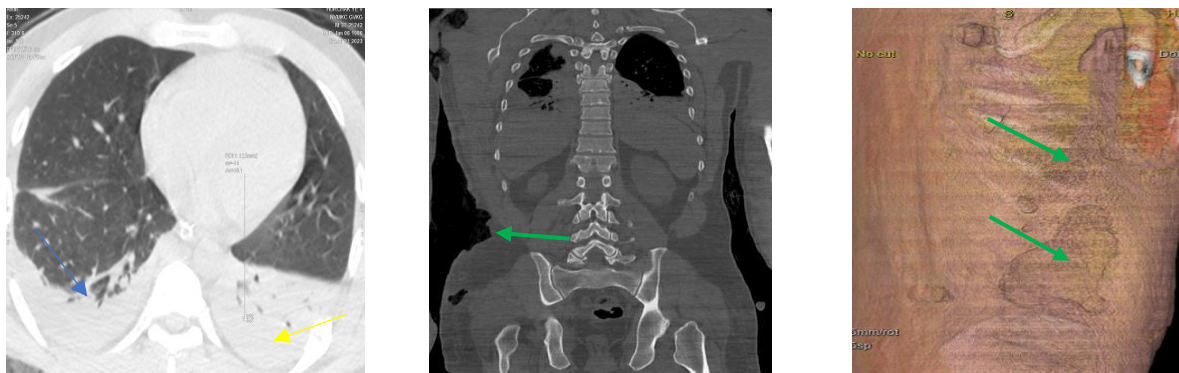


Рис. 7.45. Солдат Г., 35 р. Вибухова політравма. Візуальний контроль на IV РМЗ. МДКТ без контрастування головного мозку, органів грудної клітки, черевної порожнини, кісткової системи

У НВМКЦ «ГВКГ» у нього діагностовано: правобічний пневмогемоторакс (жовта стрілка), щільність 49 од. НУ, травматичний пульмоніт (голуба стрілка), щільність 42 од. НУ, множинні осколки тулуба, кінцівок з дефектами м'яких тканин, дефект м'яких тканин правої стінки черевної порожнини (зелена стрілка) (додаток А96).

У 13,4 % (86 обстежених) із БУ черевної порожнини, грудної порожнини, таза спостерігалася при нативній сортувальній або динамічній МДКТ кишкова непрохідність, а у 15,3 % (99 обстежених) визначалися променеві ознаки ушкоджень діафрагми, релаксація, серед них були постраждалі з евентерацією внутрішніх органів (додаток А97).

З 652 проведених МДКТ *Full Body Scan* у 22,4 % (146 обстежених) в післяопераційному стані у черевній порожнині, тазові спостерігалися ушкодження шлунка, дванадцятипалої кишки, інших відділів кишківника, що ускладнювали перебіг бойової травми (рис. 7.46). У 45,8 % (299 постраждалих) із БТ різної локалізації, що склали третину обстежених на МДКТ, спостерігалися рідинні скупчення, вільна рідина, накопичення або випіт у грудній, черевній порожнині, заочеревинному прострі, тазові (рис. 7.47). Крім візуальної оцінки випоту в грудній, черевній порожнині, заочеревинному просторі, в тазові, якого на попередніх МДКТ не було, при динамічному спостереженні визначили також щільність рідини.

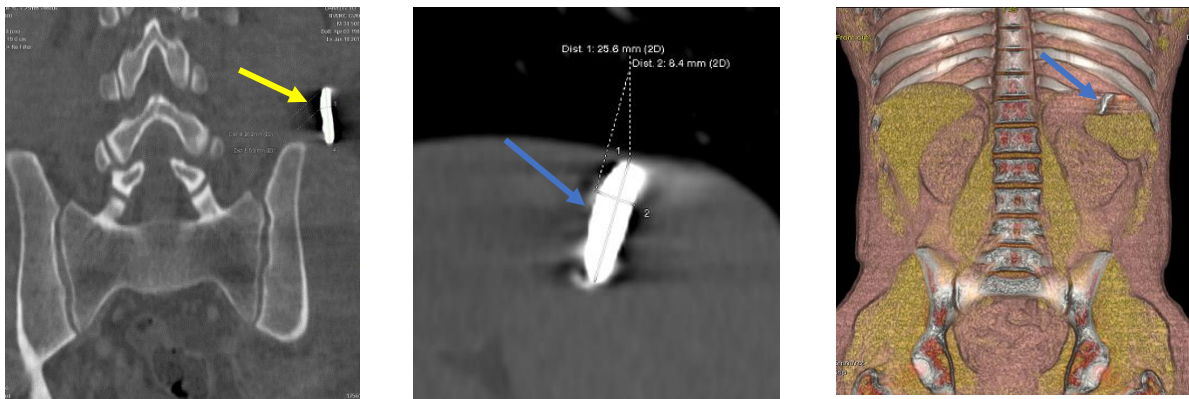


Рис. 7.46. МДКТ черевної порожнини. СТВП (кулі) вісцеральних органів. БК 5,45 мм 7Н22 спричинила розрив селезінки, контузію хвоста підшлункової залози, контузію лівої нирки, гемоперитонеум (жовта стрілка). Деформована БК 5,45 мм 7Н10 внаслідок удару бронежилета, спричинила поранення шлунка (голуба стрілка)

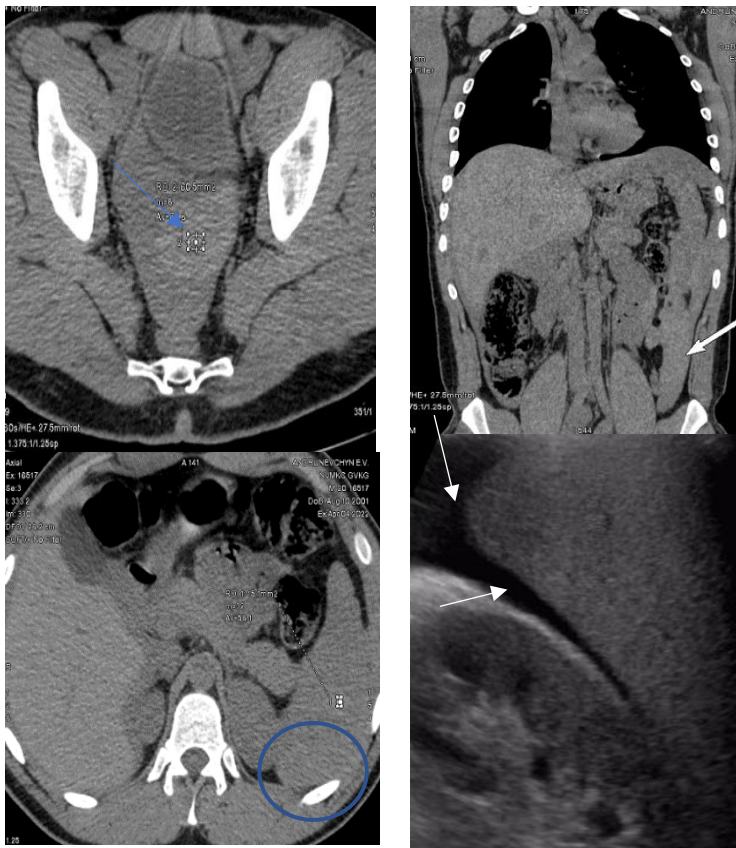


Рис. 7.47. Медична візуалізація черевної порожнини, таза у постраждалого А., 20 р. Старшина А., 20 р. Кататравма ЗТЖ. Розрив селезінки. Гемоперитонеум. Геморагічний шок І–ІІ. Ускладнення. Рецидивна кровотеча з ложа видаленої селезінки. СПО ІІІ РМЗ. Лапаротомія, спленектомія, санація та дренування черевної порожнини. СПО ІV РМЗ. Релaparотомія, ревiзiя органiв черевної порожнини, гемостаз, санація та дренування. Вiзуальний контроль на ІV РМЗ. МДКТ, УЗД. Гематома малого таза, щiльнiсть +63 од. НУ (голуба стрiлка). Гемоперитонеум (бiла стрiлка). СЕГ абдоминального випоту Е 12 кПа (бiла стрiлка). Субкапсульна гематома селезiнки, щiльнiсть +54 од. НУ (коло)

У 19,1 % (57 постраждалих) рiдина була щiльнiстю вiд 0 до 10 од. НУ, (транссудат), дiагностовано асцит. У 15,1 % (45 постраждалих) щiльнiсть була вiд 50 до 72 од. НУ, що вiдповiдало гемоперитонеума, гематомам порожнин тiла та у 16,4 % (49 постраждалих) перитонеальний або пельвікальний випiт склав 10–20 од. НУ та 20–30 од. НУ, що вiдповiдало динамiчному лiкувальному показнику патоморфозу ексудату в порожнинах тiла (деякi випадки були пiдтвердженi у патологоанатомiчних розтинах). У 33,1 % (99 постраждалих) з ускладненим перебiгом ранової, травматичної хвороби i з розвитком перитонiту, випiт у черевнiй порожнинi, тазовi був щiльнiстю 30–50 од. НУ.

У 20,1 % (130 постраждалих) на томограмах було дiагностовано переломи кiсток таза, попереково-крижового вiддiлу хребта, кульшових суглобiв. У 24,6 % (159 постраждалих) iз проникними БУ живота було проведено холецистектомiю, нефректомiю, спленектомiю (додаток А42, А43, А51, А72), а також було тампонування черевної порожнини та заочеревинного простору (додаток А47). У 55,1 % (65 постраждалих) дiагностовано БУ нирок: щiльнiсть анатомiчних

ділянок ушкоджень ≤ 35 од. НУ відповідала забою. У 44,9 % (53 постраждалих) щільністю ≥ 35 од. НУ було характерно для гематом. У 10,5 % (68 постраждалих) діагностували БУ сечового міхура та сечоводів.

У 5,2 % (34 постраждалих) із бойовими ушкодженнями паренхіматозних органів черевної порожнини при виконанні МДКТ з контрастуванням було діагностовано ушкодження вісцеральних судин (рис. 7.48).

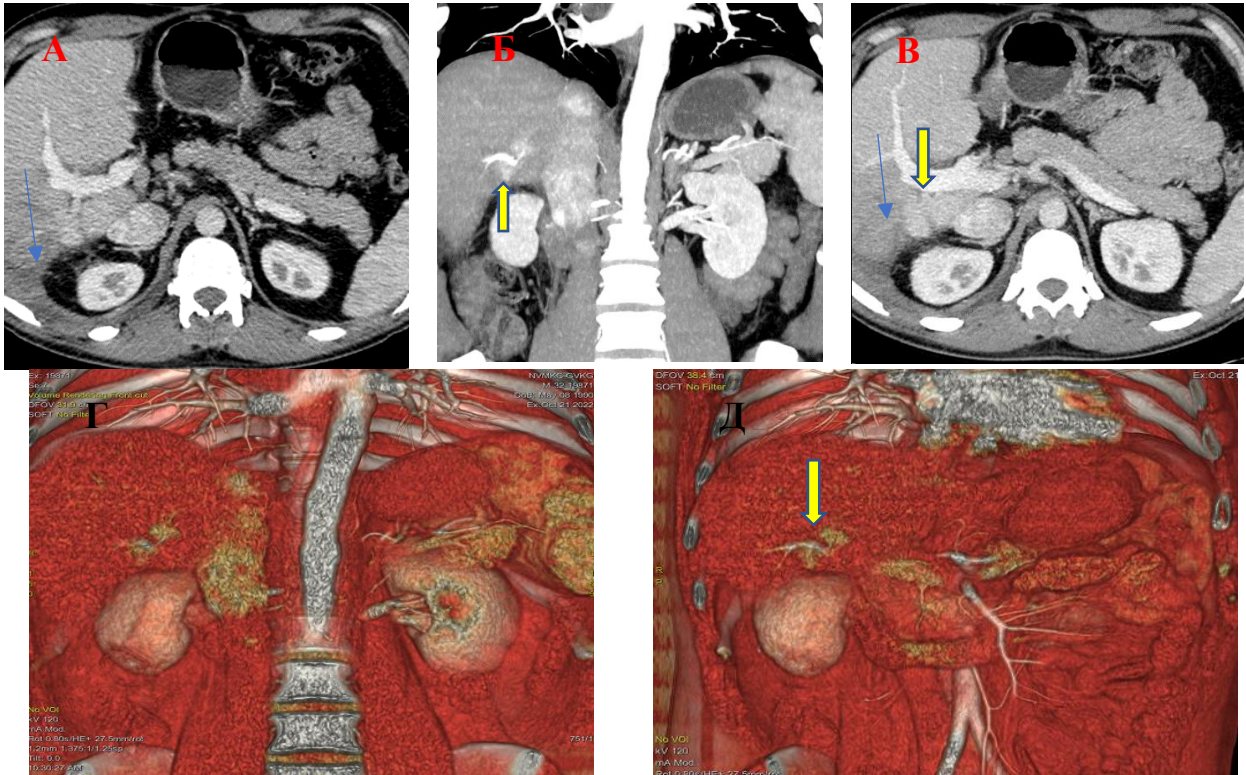


Рис. 7.48. Старшина П., 32 р. МВТ. ЗТЖ, розрив печінки. На II РМЗ (мобільний госпіталь) операція – ревізія ОЧП. Ушивання, тампонада печінки. Через добу – релапаротомія. Гемостаз кровотечі печінки. Санація, дренажування черевної порожнини. Операція – релапаротомія, ретроградна декомпресія кишківника. Санація, дренажування черевної порожнини

Як видно на рис. 7.48, постраждалому було проведено МДКТ з контрастуванням (Томогексол 350–100 мл) в режимі *Full Body Scan*. В абдомінальному, м'якотканинному режимах в аксіальному (А, В) та коронарному (Б) зрізах на анатомічній моделі представлено ділянку післятравматичних (забій), післяопераційних змін правої частки печінки (голуба стрілка). На зображеннях (Г, Д) у 3D рендерингу – післятравматична аневризма гілок задньої секції портальної вени (жовта стрілка).

У 6 постраждалих при скануванні судин черевної, грудної порожнин визначено щільність контрасту при екстравазації (min 25,8 од. – max 39,0 од. HU, медіана значення 33 од. HU, $Q_I - Q_{III}$ 26,8 – 38,3 од. HU).

У 106 обстежених було діагностовано білому, гемобілому, рановий канал печінки, з них у 97 постраждалих щільність була до 50 од. HU, а у 9 обстежених – більше 50 од. HU.

Важливою візуальною ознакою у 18,8 % (144 обстежених) із домінуючим БУ черевної порожнини, заочеревинного простору була візуалізація куль, осколків, фрагментів снарядів, оболонок куль, що підтверджувало бойовий анамнез (рис. 7.49).

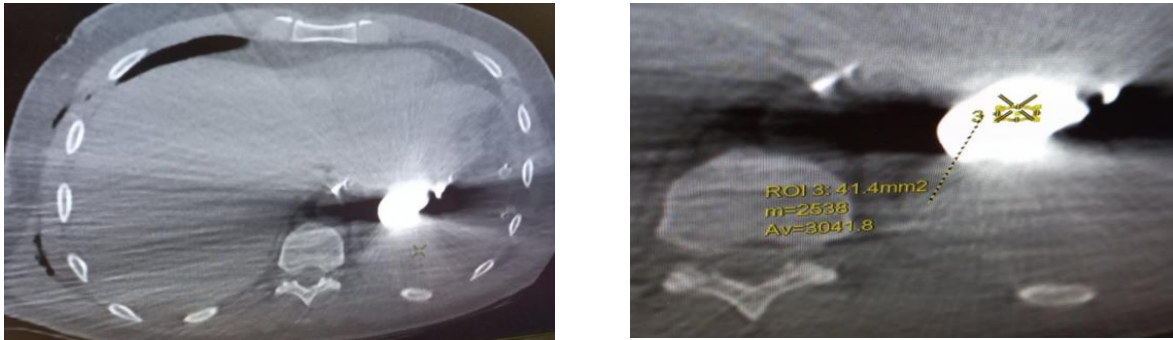


Рис. 7.49. МДКТ. СТВП заочеревного простору зліва, щільність осколка 3041 од. HU

При візуалізації СТВП важливе клінічне значення полягало не тільки у визначенні локалізації, розміру та форми СТВП, а також його рентгенівської щільності, що допомагало прогнозувати шкідливість впливу на тканини організму постраждалого. Як представлено на рис. 7.49, щільність осколка була 3041 од. HU, характерно для більшого вмісту у сплаві кремнію та міді, здатних до окиснення, що було перешкодою для репарації тканин та спричинило гнійні ускладнення. На рис. 7.50 продемонстровано тяжке поєднане торакальне та абдомінальне вибухове поранення.

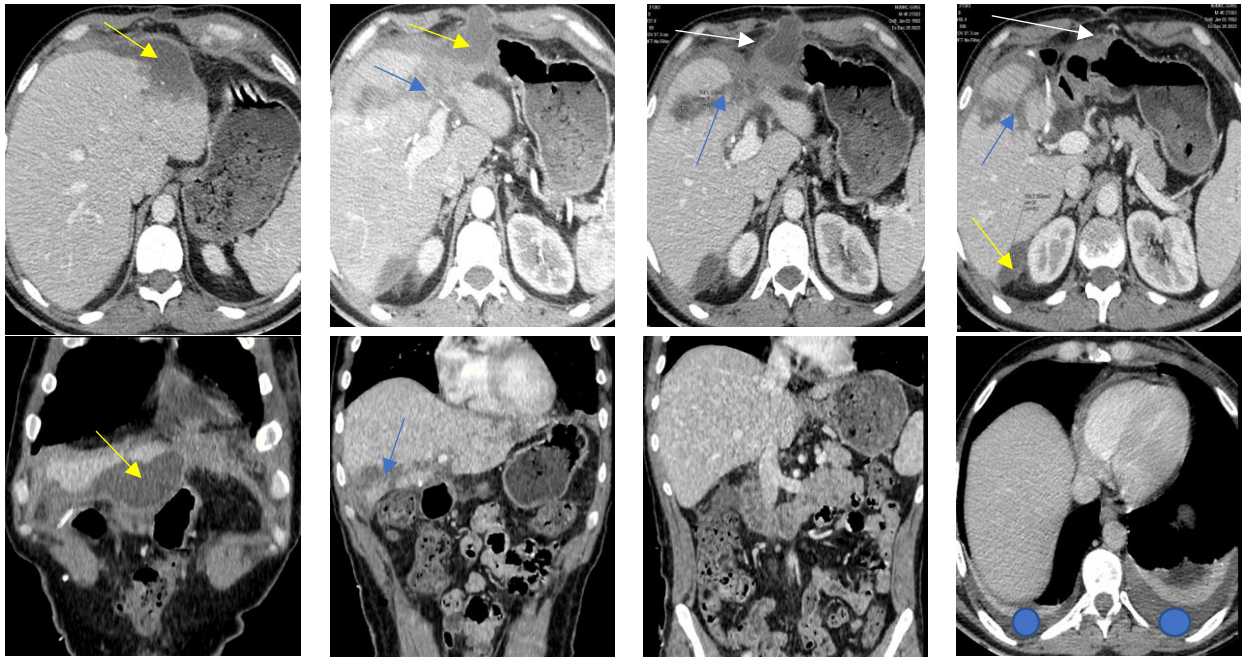
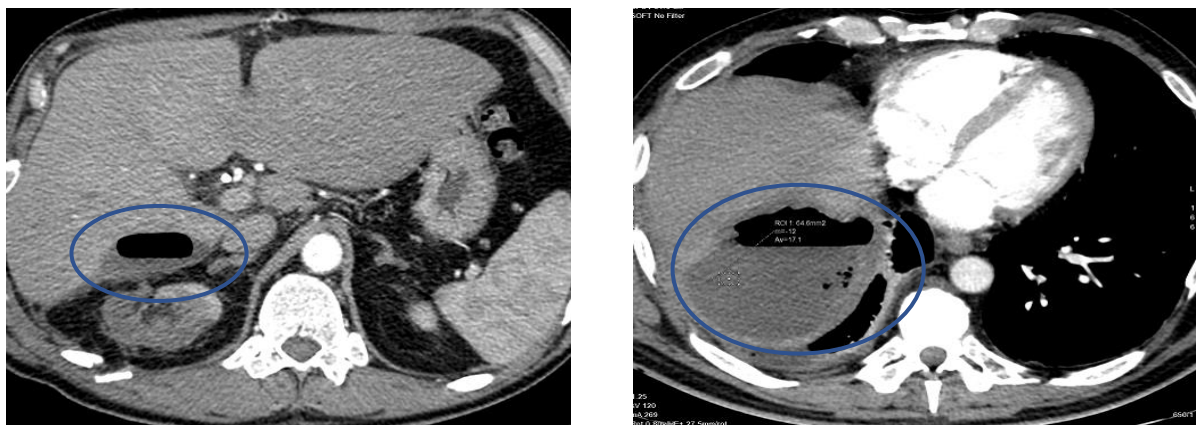
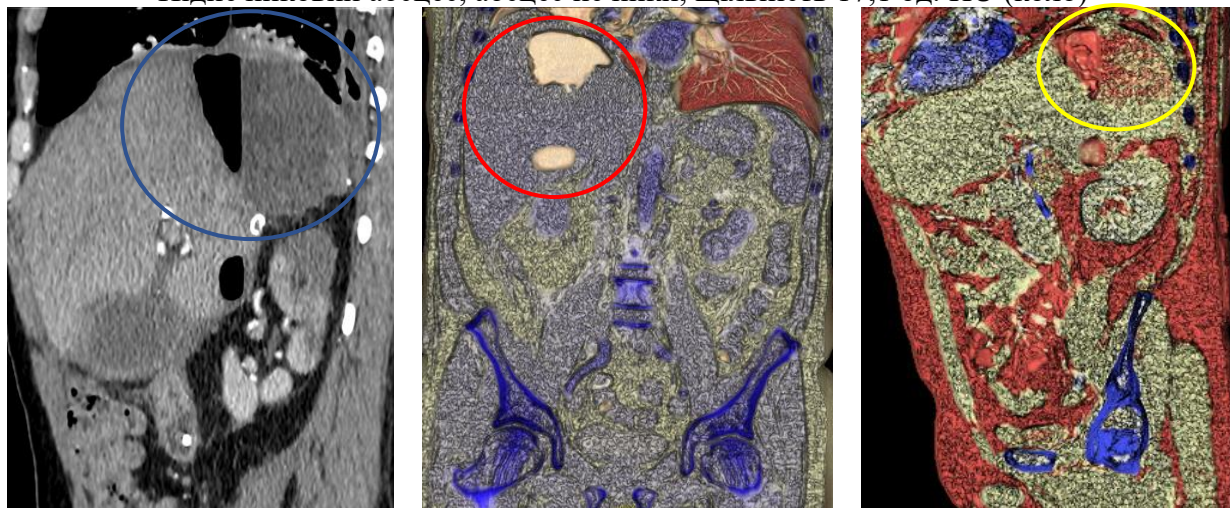


Рис. 7.50. Солдат Б., 40 р. Вибухове поранення черевної порожнини. Вогнепальне сліпе осколкове проникне поєднане торакоабдомінальне поранення із ушкодженням лівого склепіння діафрагми, печінки та жовчного міхура, правої бокової стінки живота. Лівобічний гемопневмоторакс, пневмонія. СПО, етапного хірургічного лікування довоклопечінкової біломи. Торакоцентез, дренажування лівої плевральної порожнини. Лапаротомія. Холецистектомія, зовнішнє дренажування холедоха по Вишневському. Ушивання діафрагми, санація та дренажування черевної порожнини. Тампонування підпечінкового простору марлевими тампонами (№4). Забій лівого плечового суглоба. СПО. Релапаротомія. Ревізія органів черевної порожнини. Видалення тампонів. Редренажування черевної порожнини. Пункція та дренажування біломи під УЗ-навігацією. Візуальний контроль на IV РМЗ. МДКТ з контрастуванням *Full Body Scan*. Рановий канал печінки, щільність 15,6 од. НУ (голуба стрілка). Дефект м'яких тканин бокової стінки живота (біла стрілка). Білома, щільність 16,5 од. НУ (жовта стрілка). Двобічний малий гідроторакс, щільність 27,3 од. НУ (коло)

У 22,6 % (32 постраждалих) з ускладненим перебігом бойової травми внутрішніх органів на МДКТ із контрастуванням було діагностовано абсцеси черевної порожнини (рис. 7.51).



Підпечінковий абсцес, абсцес печінки, щільність 17,1 од. НУ (коло)



Сагітальний зріз. Абсцес печінки рівень газ/рідина (коло).

Рис. 7.51. МДКТ з контрастуванням черевної порожнини

Інший візуально-балістичний приклад з відсутністю ознак запалення при тривалому знаходженні у паренхімі печінки осердя БК, з високим вмістом заліза, плакованим томпаком, щільністю 3071 од. НУ є абсолютно безпечним для тканин внутрішніх органів (рис. 7.52).

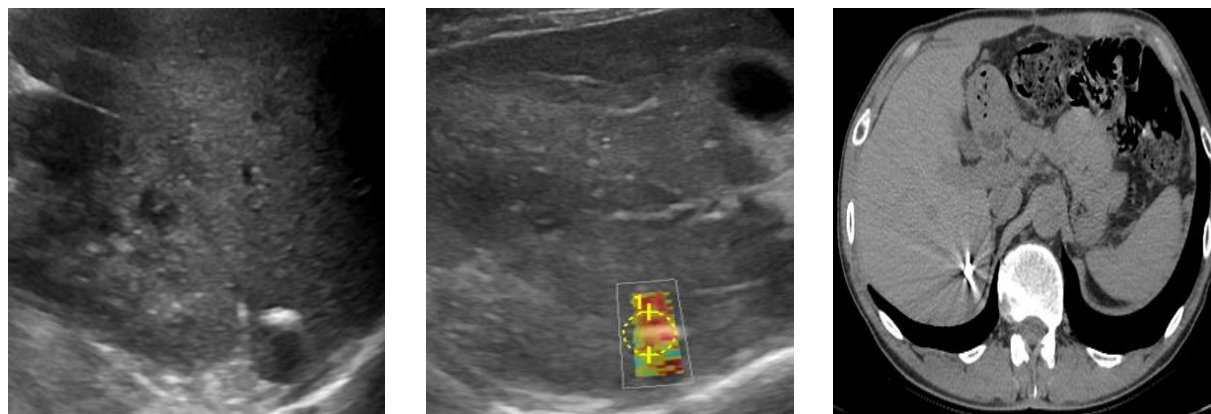


Рис. 7.52. Солдат П., 36 р. МВП. А. УЗД. Металевий осколок печінки. Б. СЕГ осколка E 24,8 кПа, V 2,9 м/с. В. МДКТ. Осколок печінки, щільність 3071 од. НУ

У загальному масиві обстежених у 37 постраждалих тривало спостерігалися СТВП – стрілоподібні елементи (флашети) черевної та заочеревинної локалізації (рис. 7.53), а у 44 постраждалих флашети візуалізувалися у м'яких тканинах кінцівок.

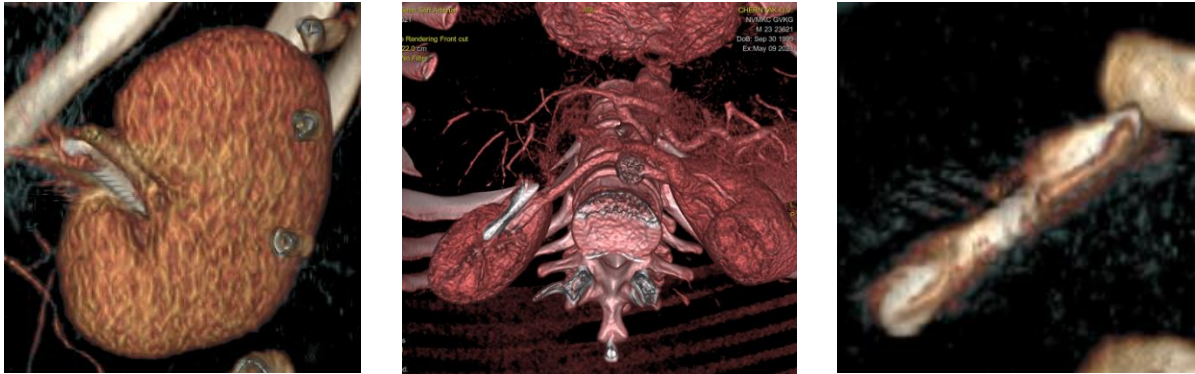


Рис. 7.53. Стреловидний елемент правої нирки

Так, характерною візуально-балістичною ознакою для них були сліпі вогнепальні поранення, відсутність ускладнень, ознак запалення. Об'єм ранового каналу був мінімальний, з наявним стрілоподібним елементом у тканинах різних органів, щільністю 3071 од. НУ. Із 233 випадків візуалізованих СТВП м'яких тканин тіла, кінцівок у 229 постраждалих їх було вилучено магнітом. Попередньо визначено рентгенівську щільність БК, металевих осколків, фрагментів боєприпасів, снарядів, медіана значень була 3071 од. НУ (min 1928 од. – max 3098 од. НУ), що було зіставлено інтраопераційно та характеризувалося ферумвмісним складом сплавів.

У 163 постраждалих із БУ внутрішніх органів візуалізувалися СТВП, у 132 обстежених порівняльно інтраопераційно та томографічно оцінили їх рентгенівську щільність (min 2057 од. – max 3083 од. НУ, медіана значення 3071 од. НУ), що відповідало ферумвмісним сплавам плакованим томпаком. СТВП внутрішніх органів видаляли магнітом.

У 231 обстеженого на МДКТ візуалізувалися СТНВП, а у 19 постраждалих визначено їх щільність (min 660 од. – max 1112 од. НУ, 874 ± 128 од. НУ), що при видаленні відповідало кістковим уламкам. У 27 обстежених візуалізувалися СТНВП, щільністю (min 43 од. – max 79 од. НУ), при видаленні були марлеві

тампони, серветки, інший штучний матеріал (табл. 7.17). У табл. 7.17 представлені узагальнені показники поверхневої локалізації СТВП та СТНВП у доступних площинах сканування. У 163 обстежених спостерігалися СТНВП (металопластик, шматочки бетону, сторонні тіла медичного призначення) та СТВП (кулі, осколки) у внутрішніх органах або порожнинах тіла (табл. 7.18).

Таблиця 7.17

**Статистичні показники значень БУ м'яких тканин тіла та кінцівок
(МДКТ)**

Показники	n	Minimum	Maximum	Mean ± SD	Median (QI–QIII)
Розмір СТВП, довжина, мм	233	3,2	30		7,6 (5,975–9,625)
Розмір СТВП, ширина, мм	221	5,7	67		10 (6,8–14,2)
СТВП, щільність, од. НУ	229	1928	3098	3069 ± 1789	3071 (3071–3071)
Розмір СТНВП, додаткових структур, довжина, мм	231	2,1	12,7		5,2 (4,2–6,3)
Розмір СТНВП, додаткових структур, ширина, мм	225	3,7	9,5		6,2 (5,0–4,9)
СТНВП, щільність, од. НУ	19	660	1112	874 ± 128	

Таблиця 7.18

Показники значень БУ внутрішніх органів (МДКТ)

Показники	N	Min	Max	Median	QI–QIII
Розмір СТВП, довжина, мм	163	2,3	27,3	7,6	5,8–10,6
Розмір СТВП, ширина, мм	163	2,3	15	5,2	3,8–7,2
Рентгенівська щільність СТВП, од. НУ	132	2057	3083	3071	3071–3071
Розмір СТНВП, довжина, мм	33	3,1	49,6	9,8	6,6–13,3
Розмір СТНВП, ширина, мм	33	3,2	27	5,75	4,5–7,3
СТНВП кісткові уламки, щільність, од. НУ	28	460	1342	1053	998–1222,5
СТНВП штучного походження, медичного призначення, щільність, од. НУ	71	59,3	123,2	102,3	94,3–111,3

Як видно з табл. 7.18, рентгенівська щільність СТВП із 163 порівняльних вимірювань наступна: у 13,8 % (25 випадків) ≤ 3000 од. НУ; у 6,9 % (11 випадків) в межах показників 3000–070 од. НУ та найбільша кількість була 79,4 % (127 випадків) ≥ 3071 од. НУ, що характеризувалося ферумвмісним складом сплавів. У 71 етапованих постраждалих спостерігалися марлеві

серветки, інший текстильний матеріал, який не накопичував контрастну речовину, медіана значення рентгенівської щільності була 102,3 од. НУ (min 59,3 од. – max 123,2 од. НУ, $Q_I - Q_{III}$ 94,3 – 111,3 од. НУ). З 28 обстежених у 7 випадках СТНВП мали щільність < 1000 од. НУ, у 21 постраждалого ≥ 1000 од. НУ, що було характерно для кісткових уламків (min 460 од. – max 1342 од. НУ, медіана значення 1053 од. НУ, $Q_I - Q_{III}$ 998 – 1222,5 од. НУ). Зважаючи, що більшість європейських протоколів із травматизму, які базуються на МДКТ *Full Body Scan* з використанням різних фаз контрастування, таких як неконтрастна МДКТ голови, томографічна ангіограма в артеріальну фазу та дослідження грудної порожнини, живота, таза у портальну венозну фазу [187, 252, 284, 320, 355, 453], із загального маси обстежених безконтрастна МДКТ була проведена у 66,2 % (671 постраждалих), а із застосуванням контрасту – у 32,8 % (333 постраждалих); у 1 % дослідження не проводили, або були призупинені. На III РМЗ у 22,9 % (232 постраждалих), евакуйованих у НВМКЦ «ГВКГ», виконували безконтрастну МДКТ. У 13,8 % (140 постраждалих) МДКТ не виконували через відсутність клінічних показань або аналізували дані диска з дослідження попереднього рівня. Загальна кількість досліджень у порядку зростання, сумарна доза опромінення та частотний розподіл проведених МДКТ за дослідний період представлені в табл. 7.19, 7.20.

Таблиця 7.19

Загальна кількість МДКТ у постраждалих за дослідний період

Кількість МДКТ	Загальна кількість досліджень	
	n	%
0	140	13,8
1	444	43,8
2	302	29,8
3	94	9,3
4	19	1,9
5	9	0,9
6	4	0,4
7	2	0,2
Всього	1014	100

Загальна кількість МДКТ та сумарна доза опромінення

Показник	Кількість	Minimum	Maximum	Median	Q _I –Q _{III}
Загальна кількість МДКТ за дослідний період	1014	0	7	1	1,0–2,0
Сумарна доза опромінення МДКТ, мЗв	1014	0	92	16	8,0–26,0

З представлених розподілів можна зробити висновок, що з усіх сортувальних, діагностичних МДКТ, які були проведені у найбільшій кількості постраждалих у НВМКЦ «ГВКГ», у 43,8 % (444 постраждалих), ($p < 0,001$), в середньому відповідало одному опромінюючому методу медичної візуалізації – МДКТ, а медіана сумарної дози опромінення була 16 мЗв.

Тому, враховуючи обчислений показник потреби у променевих діагностичних дослідженнях у постраждалих із БТ, дотримувалися тактики візуального контролю на IV РМЗ. МДКТ визнана безпечним, ефективним стандартом діагностики БТ різної локалізації, яка застосовувалася як із сортувальною, діагностичною, так і експертною метою в нативному режимі та з контрастуванням. Затримка сканування в артеріальну фазу була 25 с, у венозну фазу 45 с, паренхіматозну фазу – 180 с. Також із представлених даних застосування медичної візуалізації у постраждалих за весь дослідний період встановлена ефективна, безпечна варіація променевої діагностики БТ, а саме 3:2:1; 3 УЗД, 2 РГ (1,6 мЗв), 1 МДКТ (16 мЗв).

7.3. Порівняльна діагностична ефективність променевих методів МВБТ

Порівняно із результатами МДКТ (нативної, із контрастуванням, КТ-ангіографії) оцінювали рентгенологічний та ультразвуковий методи МВБТ. МДКТ було визнано «золотим стандартом» діагностики БУ тіла у постраждалих із БТ. Також, крім КТ-ангіографії для ідентифікації БУ вісцеральних, периферичних судин та судин шиї застосовували РАГ. Таке діагностичне рішення було прийнято, базуючись на результатах досліджень наших

стратегічних партнерів та союзників. Тому МДКТ, РАГ стала критерієм встановлення факту наявності або відсутності ушкодження паренхіматозних органів та судин у постраждалих [292, 307, 334, 383].

Для діагностичної інформативності та ефективності методів візуалізації порівняльно попарно та окремо для кожного методу визначили важливі характеристики: чутливість (*Se, sensitivity*), специфічність (*Sp, specificity*), а також допоміжні критерії: прогностичність позитивного результату (*+VP, positive predictive value*), прогностичність негативного результату (*-VP, negative predictive value*) (табл. 7.21–7.23).

Таблиця 7.21

Операційна характеристика рентгенологічного методу

Візуально-балістичні ознаки бойових ушкоджень різної локалізації	Площа під кривою операційних характеристик AUC (95 % ДІ)	Чутливість методу, % (95 % ДІ)	Специфічність методу, % (95 % ДІ)	+PV методу, % (95 % ДІ)	-PV методу, % (95 % ДІ)
БУ м'яких тканин тіла	0,65 (0,59–0,70)	68,5 (63,3–72,5)	40,5 (29,4–51,7)	68,3 (65,4–71,4)	58,6 (47,3–69,1)
Переломи кісток	0,66 (0,63–0,70)	70,8 (66,6–74,8)	68,6 (63,4–73,4)	73,9 (70,9–76,7)	58,3 (54,3–62,1)
Потрапляння рентгено-контрастної речовини в порожнини тіла при фістулографії	0,65 (0,56–0,73)	53,0 (49,8–59,2)	96,2 (97,0–99,5)	93,5 (78,3–98,3)	46,7 (42,5–50,3)
Вільна рідина, порожнинний випіт	0,63 (0,54–0,69)	47,4 (46,0–49,7)	56,7 (53,2–64,0)	49,7 (43,5–58,2)	43,8 (42,6–55,2)
Плевральний випіт	0,75 (0,71–0,78)	66,1 (61,2–70,7)	83,2 (78,7–87,1)	82,9 (79,0–86,2)	66,7 (63,3–69,8)
Пневмоторакс	0,67 (0,64–0,70)	57,1 (50,3–63,8)	56,8 (54,8–68,2)	68,6 (62,5–75,7)	53,9 (51,7–65,8)
Пневмоперитонеум	0,66 (0,60–0,71)	49,1 (40,6–50,1)	92,4 (87,7–94,7)	76,9 (66,2–85,0)	69,9 (66,8–72,8)

Примітка. Оцінка інформативності для порівняння із УЗД («золотий стандарт» діагностики для УЗД, РГ методів МДКТ).

Таблиця 7.22

Операційна характеристика ультрасонографії

Візуально-балістичні ознаки бойових ушкоджень різної локалізації	Площа під кривою операційних характеристик AUC (95 % ДІ)	Чутливість методу, % (95 % ДІ)	Специфічність методу, % (95 % ДІ)	+PV методу, % (95 % ДІ)	-PV методу, % (95 % ДІ)
БУ м'яких тканин тіла	0,79 (0,74–0,84)	91,0 (91,4–93,2)	86,2 (84,1–89,7)	88,0 (86,0–91,2)	56,8 (47,1–66,0)
Переломи кісток	0,63 (0,60–0,66)	57,8 (53,4–62,1)	62,0 (56,5–67,3)	73,9 (69,2–76,5)	52,3 (49,1–55,2)
Потрапляння рентгено-контрастної речовини в порожнини тіла при фістулографії	0,59 (0,54–0,68)	62,7 (60,3–73,6)	47,8 (45,3–59,7)	59,6 (52,3–64,8)	39,7 (36,4–47,2)
Вільна рідина в порожнинах тіла, випіт (перикард-діальний, черевний, заочеревинний, тазовий)	0,81 (0,78–0,84)	89,1 (89,3–91,5)	82,9 (73,9–83,9)	92,0 (88,3–94,6)	75,8 (71,4–79,7)
Плевральний випіт	0,77 (0,74–0,80)	93,8 (91,0–96,0)	89,0 (84,5–92,3)	88,9 (84,5–92,2)	73,9 (71,3–76,4)
Пневмо-торакс	0,72 (0,69–0,75)	54,9 (60,6–68,2)	50,5 (53,7–62,4)	64,6 (62,5–72,7)	43,9 (41,7–59,8)
Пневмо-перитонеум	0,67 (0,63–0,70)	78,8 (73,2–83,7)	54,6 (49,6–59,6)	80,4 (76,1–84,1)	52,1 (49,0–55,2)

Примітка. Оцінка інформативності для порівняння із РГ («золотий стандарт» діагностики для обох методів МДКТ).

Таблиця 7.23

Операційна характеристика рентгенологічного методу

Візуальні ознаки БУ та ускладнень	Площа під кривою операційних характеристик AUC (95 % ДІ)	Чутливість методу, % (95 % ДІ)	Специфічність методу, % (95 % ДІ)	+PV методу, % (95 % ДІ)	-PV методу, % (95 % ДІ)
БУ хребта, кісток таза	0,75 (0,70–0,79)	64,0 (53,8–73,4)	85,0 (79,7–89,3)	84,6 (80,8–87,8)	64,6 (67,3–76,1)
БУ легень	0,76 (0,73–0,79)	87,6 (84,2–90,5)	64,2 (55,2–72,6)	81,4 (78,4–83,8)	74,3 (69,1–79,0)
БУ плеври, діафрагми	0,76 (0,72–0,79)	57,1 (46,7–67,1)	84,2 (81,8–86,0)	82,3 (80,5–83,8)	64,4 (55,2–72,6)
Пневмонія	0,76 (0,72–0,79)	57,7 (49,4–65,8)	83,5 (79,2–90,4)	85,4 (83,5–91,1)	69,9 (62,3–76,6)
Кишкова непрохідність	0,78 (0,73–0,82)	71,0 (64,5–75,8)	94,3 (90,9–96,7)	92,3 (91,5–94,8)	61,0 (47,8–72,7)

Примітка. Порівняння із «золотим стандартом» МДКТ, клінічними даними.

Дані діагностичної інформативності, ефективності ультрасонографії з подібними візуальними ознаками БУ, які були діагностовані при рентгенологічному дослідженні, представлено в табл. 7.22.

Як видно з табл. 7.22, описані візуально-балістичні ознаки БУ візуалізувалися на УЗД із застосуванням доплерографії та соноеластометрії, що значно підвищило ефективність УЗ-візуалізуючого променевого методу.

Проведено порівняння РГ та УЗД (порівнюємо за $AUC=0,82$ (0,76–0,89, ДІ 95 %) візуалізації СТВП, СТНВП у тому числі орбіт, пазух лицевого черепа, шиї, кінцівок ($p=0,158$), ушкодження хребта та виявлено статистично значущо ($p=0,020$) вища інформативність РГ – порівняно з УЗД.

Зважаючи на проведений візуально-статистичний аналіз домінуючої та конкуруючої, іншої локалізації бойових ушкоджень у постраждалих, визначилися локалізації АФЗ, які досліджувалися на РМЗ із застосуванням виключно рентгенологічного або ультразвукового методу променевої діагностики (табл. 7.23, 7.24).

Таблиця 7.24

Показники інформативності ультрасонографії

Візуальні ознаки БУ	Площа під кривою операційних характеристик AUC (95 % ДІ)	Чутливість методу, % (95 % ДІ)	Специфічність методу, % (95 % ДІ)	+PV методу, % (95 % ДІ)	–PV методу, % (95 % ДІ)
БУ периферичних нервів	0,58 (0,55–0,62)	64,2 (67,7–71,1)	62,3 (58,9–65,6)	64,6 (56,6–72,0)	54,6 (50,8–57,8)
БУ паренхіматозних органів	0,86 (0,83–0,89)	88,5 (83,7–92,3)	84,0 (80,1–87,4)	92,8 (90,0–94,8)	75,8 (71,4–79,7)
БУ порожнистих органів	0,75 (0,71–0,78)	76,7 (70,3–82,7)	83,2 (80,2–92,5)	85,5 (80,0–89,6)	75,3 (72,6–77,8)
БУ органів калитки	0,82 (0,88–0,90)	89,0 (84,8–92,6)	80,0 (82,3–89,5)	92,5 (90,7–93,9)	38,9 (34,7–53,5)
БУ судин (вен, артерій) шиї, кінцівок	0,72 (0,68–0,77)	80,8 (71,7–88,0)	73,9 (68,1–79,0)	88,6 (82,5–92,7)	42,9 (41,7–55,8)
БУ вісцеральних судин	0,75 (0,74–0,81)	81,2 (76,9–83,7)	84,3 (80,9–88,0)	73,4 (72,1–78,8)	67,0 (61,2–73,2)

Примітка. Порівняння із «золотим стандартом» МДКТ, КТ-ангіографії, РАГ, МРТ, клінічними даними.

Попарний порівняльний аналіз інформативності, ефективності споріднених променевих методів МВБТ рентгенологічного та ультразвукового методів представлено у вигляді діаграм, з візуально-статистичною перевагою УЗД (ушкоджень м'яких тканин ($p < 0,05$) та візуалізації плеврального випоту ($p < 0,01$), (рис. 7.54, 7.55).

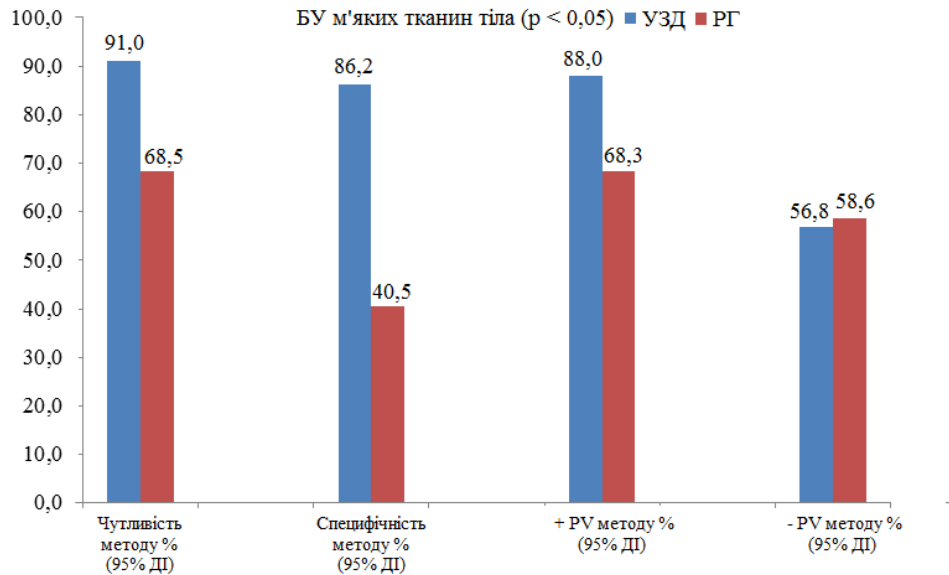


Рис. 7.54. Порівняння інформативності УЗД і РГ для діагностики БУ м'яких тканин тіла

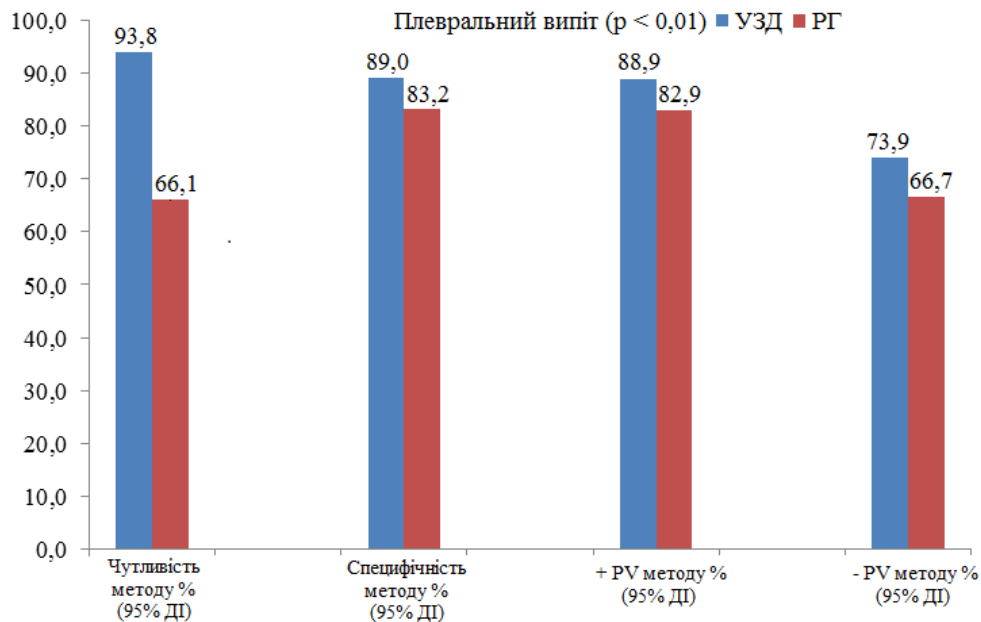


Рис. 7.55. Порівняння інформативності УЗД і РГ для діагностики плеврального випоту

Як видно з рис. 7.54, 7.55, УЗ-візуалізація, доповнена УЗДГ, СЕГ забезпечила диференційну діагностику бойових ушкоджень м'яких тканин, судин та плеврального випоту. Це визначило перевагу у діагностичній ефективності УЗД над РГ. Порівняльний аналіз споріднених методів візуалізації маркерів БУ (газу, вільної рідини, контрастної рідини при фістулографії в порожнинах тіла) подано на діаграмах (рис. 7.56–7.59).

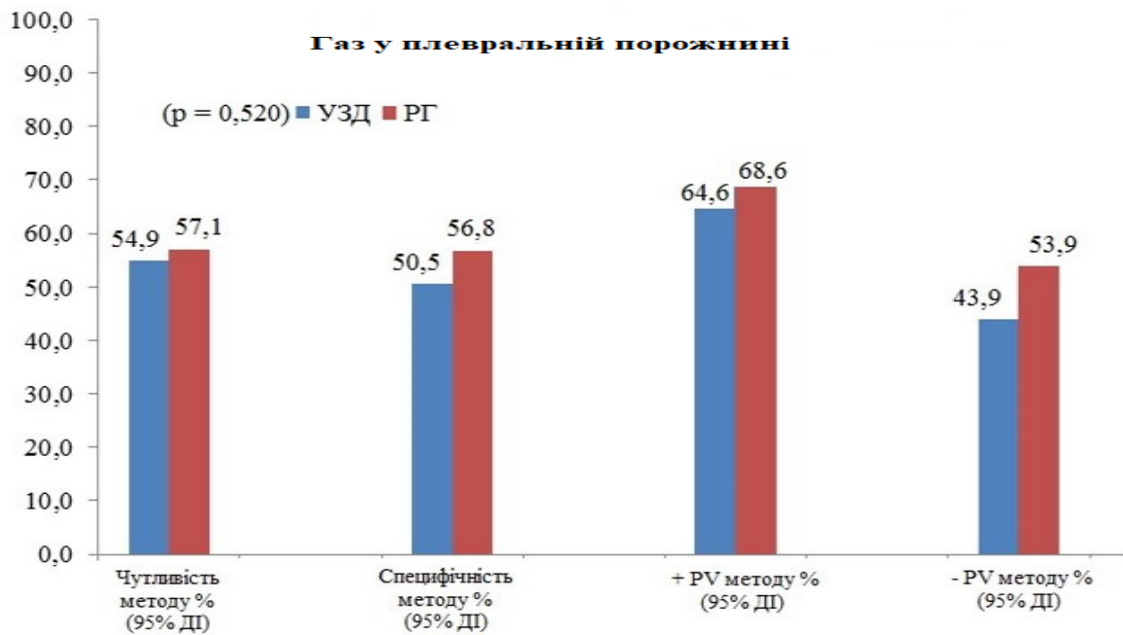


Рис. 7.56. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації газу в плевральній порожнині

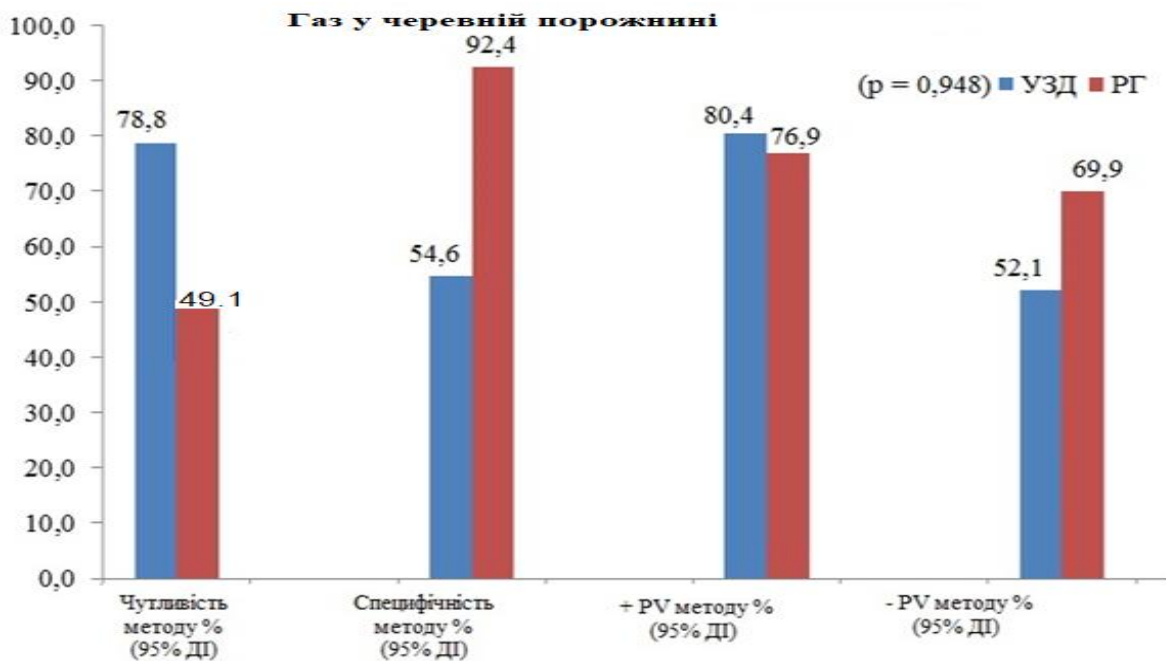


Рис. 7.57. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації газу в черевній порожнині

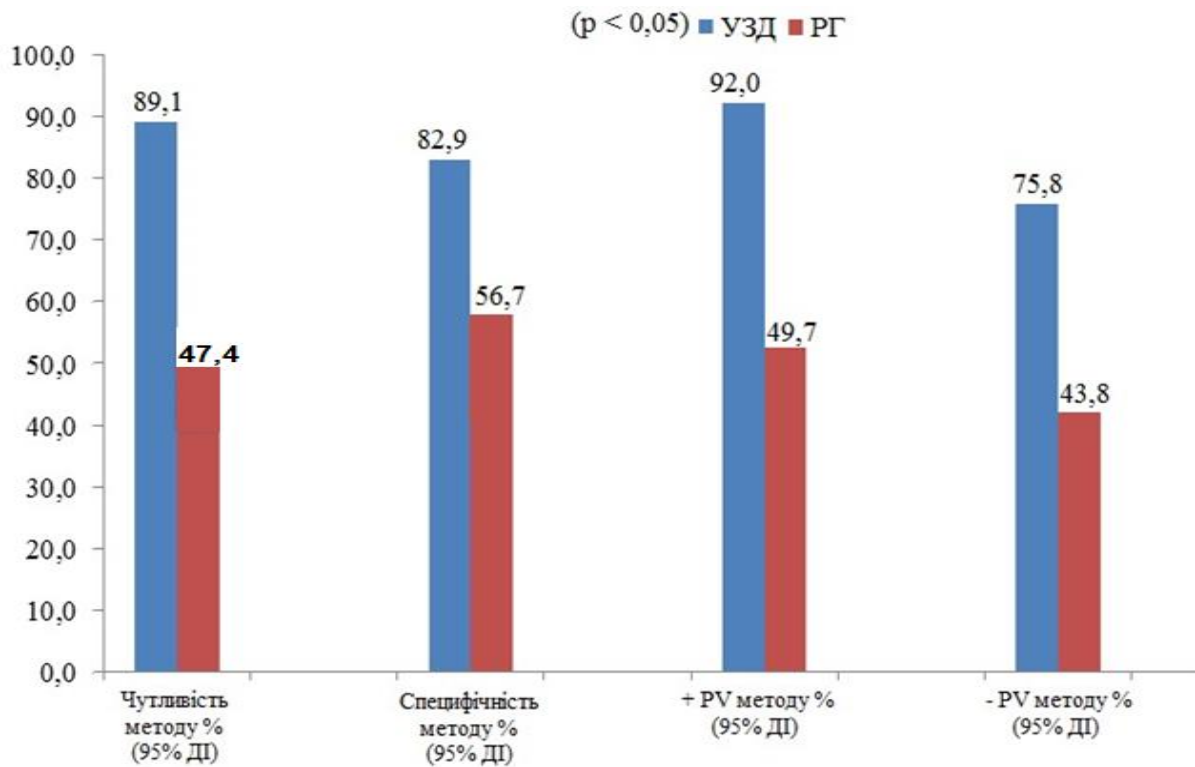


Рис. 7.58. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації вільної рідини, порожнинних випотів в черевній порожнині, тазові, перикарді

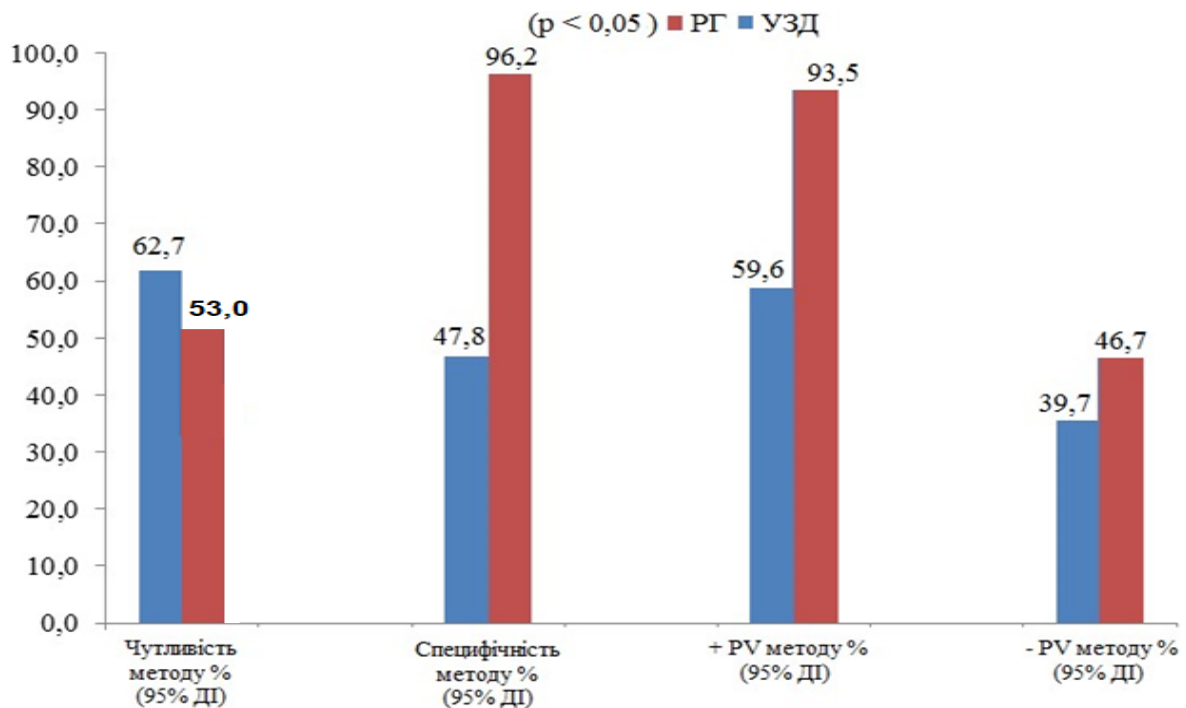


Рис. 7.59. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації потрапляння рентгеноконтрастної речовини в порожнини тіла при фістулографії

Як видно з рис. 7.56, 7.57, не визначили достовірної відмінності діагностичної інформативності при застосуванні УЗД і РГ візуалізації газу в плевральній порожнині ($p=0,520$) та візуалізації вільного газу в черевній порожнині у постраждалих в післяопераційному періоді ($p=0,948$). Діагностичний та статистичний аналіз інформативності, ефективності споріднених методів УЗД та РГ показав статистичну відмінність при діагностиці вільної рідини, порожнинних випотів у черевній порожнині, тазові, перикарді з достовірною перевагою застосування УЗД у постраждалих на РМЗ ($p<0,05$), (рис. 7.58) та достовірно значимої відмінності візуалізації контрастної речовини в порожнинах тіла при РГ ($p<0,05$), (рис. 7.59).

Споріднені візуалізуючі методи променевої діагностики інформативно порівнювалися між собою. Золотим стандартом для порівняння їх інформативності та ефективності були МДКТ, клінічна оцінка важкості травми, стану, доповнена візуально-балістичними даними. Результати застосованих променевих методів інформативно порівнювали з КТ-ангіографією, РАГ, МРТ, іншими інструментальними методами діагностики.

7.4. Прикінцеві положення до розділу 7

Зважаючи, що статистично значущої відмінності у післяопераційних постраждалих, які лікувалися на попередніх рівнях, із домінуючим ушкодженням грудної клітки та живота – у 34,1 %; голови, очей – у 31,3 %; кінцівок у – 27,9 %; хребта – 3,6 %; шиї – 3,1 % випадків з конкуруючою та іншою локалізацією ушкоджень не спостерігалось, а також багатофакторна дія сучасної вогнепальної зброї у 72,5 % випадків, спонукало нас до об'єднання суміжних АФЗ бойових ушкоджень для томографічної візуалізації в технологію сканування всього тіла (*Full Body Scan*). Порядок зростання частот (ДІ 95 %) ушкоджень конкуруючої, іншої локалізації ушкоджень дозволив встановити зв'язок домінуючого БУ із ризиком летального випадку. Ризик смерті при домінуючому БУ голови був вищим ($p=0,045$), ніж при домінуючому БУ кінцівок ($p<0,001$). МДКТ з контрастуванням та без контрастування дозволила створити

унікальні анатомічні візуально-балістичні моделі у постраждалих із бойовою травмою.

Поданий візуально-статистичний розподіл обстежених проводився на підставі медичної візуалізації та візуального контролю із застосуванням променевих методів незалежно від медико-технічного оснащення РМЗ для надання діагностичної допомоги у короткий термін без ризику відтермінування хірургічної та анестезіологічної допомоги або паралельно з ними.

Завдяки використанню візуальних ознак бойових ушкоджень гострого експерименту, розроблених схем, алгоритмів діагностики, виявленню візуальних ознак бойових ушкоджень та ускладнень бойової травми, визначенню факторів ризику летальних випадків та зв'язку ускладнень із механізмами смерті при застосуванні променевих методів візуалізації у постраждалих, кількість ускладнень знижено з 41,6 % (95 % ДІ 36,5–46,7) до 24,8 % (95 % ДІ 21,6–28,2) ($p < 0,01$). Показник відношення ризиків склав 0,6 (95 % ДІ 0,50–0,72), що відобразило зниження ризику летального випадку у основній групі, де створена система етапного лікування постраждалих із бойовою травмою.

Матеріали розділу відображені в наступних наукових публікаціях [32, 40, 48, 91, 92, 177–181, 201, 202, 276, 277]:

1. **Гречаник О. І.**, Абдуллаєв Р. Р., Ніконов В. В. та ін. Променева діагностика пневмотораксу при бойовій травмі. Медицина невідкладних станів. 2024. Т. 20, № 3. С. 76–83. doi: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.20.3.2024.1693>.

2. Abdullaev R., Bubnov R., Tsymbalyuk V., **Grechanyk O.**, Pilevcki Z. Ultrasonography of the Diagnosis the Degenerative-Distrophic Changes in the Vertebral Motor Segment as a Potential Cause of Back Pain: Pictorial Essay. J. Spine. 2017. Vol. 6, issue 5. P. 1–7. doi: 10.41/72/2165-7939.1000394.

3. Abdullaiev R. Y., **Grechanyk O. I.**, Lurin I. A., Gumeniuk K. V., Posokhov M. F., Slesarenko D. A. Duplex ultrasound evaluation of vascular injures in combat trauma of the neck. J. Dis. Dis. Tre. 2022. Vol.2, № 2. P. 1–5. doi. org/10.47363/JDDT/2022(2)108.

4. Abdullaiev R. Ya, **Grechanyk E. I.**, Kulikova F. I., Cherednichenko N. A., Demin Yu. A., Golyanischev M. A. Ultrasonic Tissue Characterization of Damage of the Lower Extremities in Gunshot Wounds. *EC Orthopaedics*. 2018. Vol. 9, № 8. P. 610–618.

5. Abdullaiev R. Ya., **Grechanyk E. I.**, Kulikova F. I., Khvisiuk¹ A. N., Cherednichenko N. A., Kogut¹ A. V. Ultrasonography in the Diagnosis of Gunshot Injuries of the Neurovascular Bundle of the Extremities. *EC Neurology*. 2018. Vol. 10, № 11.

6. **Гречаник О.І.** Медична візуалізація порожнинних випотів у постраждалих з бойовою травмою грудної клітки, живота, таза. Сучасні аспекти військової медицини: збірник наукових праць. 2023. Випуск 30, Частина 1. С. 49–65. doi: 10.3275/2310-4910-2023-30-1-04.

7. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями живота (за досвідом АТО/ООС) : монографія / за ред. К. В. Гуменюка, І. П. Хоменка, І. А. Луріна та ін. ; за заг. ред. В. І. Цимбалюка. – Херсон : Олді+, 2022. – 194 с.

8. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями грудей. Монографія. За загальною редакцією академіка НАН України та НАМН України, доктора медичних наук, професора В. І. Цимбалюка. – Тернопіль Київ Харків: ТНМУ «Укрмедкнига», 2023. – 235 с.

9. Bubnov R., **Grechanyk O.**, Abdullaiev R., Dykan I. Shear Wave Elastography Detects Increased Liver Stiffness in Viral Hepatitis in Young Male Soldiers. *40th Anniversary & 51st Annual Congress of Korean Society of Ultrasound in Medicine* : abstr. book (Seul, South Korea, Nov 16–17, 2020). Seul, 2020. P. 234–235.

10. Bubnov R., **Hrechanyk O.** Urethral Scar Tissue and Compromised Integrity: A Case Report of Urinary Consequences Following Gunshot Wound to the Pelvic Area. *15th European Multidisciplinary Congress on Urological Cancers (EMUC23)* : abstr. Marseille, France, November 2–5, 2023.

11. **Grechanyk O.**, Abdullaiev R., Dykan I., Bubnov R., Yarosh T., Holub V. Medical visualization of wound channels of different localizations in patients with

combat trauma. *11th Annual Military Surgical Symposium* : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSS14.

12. **Grechanyk O.**, Bubnov R., Gurianov R., Abdullaev R. Multifaceted analysis in combat trauma patients in modern warfare. *11th Annual Military Surgical Symposium* : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSSP576.

13. **Гречаник О. І.**, Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Гречаник М. І., Біла О. О., Слесаренко Д. О. Атлас променевої діагностики бойової травми живота : атлас. Харків : Факт, 2023. 212 с.

14. Abdullaev R. R., **Grechanik E. I.**, Abdullaev R. Ya., Khaustov M. M., Posoxov N. F., Dudnik T. A., Kirichenko A. G., Tomakh N. V. Comparative assessment of the results of radiography and ultrasonography in the diagnosis of combat chest injuries. *Azerbaijan Medical Journal*. 2024. № 2. С. 185–191. doi: 10.34921/amj.2024.2.030.

РОЗДІЛ 8

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні представлено взаємозв'язок результатів лікування постраждалих із термінами його початку, своєчасною діагностикою, якістю хірургічної та діагностичної допомоги, клінічною оцінкою об'єктивізації важкості травми, стану постраждалого, визначення ризиків летальних випадків, зв'язку ускладнень із механізмами смерті шляхом застосування променевих методів діагностики та виявлення візуальних ознак бойових ушкоджень, ускладнень.

Зважаючи на великі організаційні труднощі, особливо при масовому надходженні поранених, травмованих [6, 15, 27, 31, 47, 50, 67, 93, 95, 152, 161], вирішального значення, ролі набула медична візуалізація у системі етапного лікування постраждалих із бойовою травмою у сучасній війні. Діагностичні протоколи, що застосовувалися на етапах, були направлені на унікальну систему діагностики, яку інтегрували в етапну схему медичної візуалізації бойової травми.

Досвід бойових дій на сході України та повномасштабної російсько-української війни показав, що сучасна зброя постійно вдосконалюється, викликає поранення, травми з поліструктурними ушкодженнями особливої тяжкості [25, 27, 31]. За досвідом світових війн та сучасних воєнних конфліктів ушкодження вивчені в патологоанатомічних розтинах, де науковим матеріалом слугували загиблі, ампутовані кінцівки та інший біологічний, небіологічний матеріал. На пострадянському просторі представники військово-медичної академії рф проводили експериментальні дослідження, де вивчали балістичні властивості різних видів стрілецької зброї, фізичні основи вибуху, з подальшим застосуванням у бойових умовах. Проте важливим недоліком була відсутність «живої анатомії» – візуалізації бойових ушкоджень та ускладнень бойової травми. Перше повідомлення про застосування комп'ютерної томографії для ретроспективної експертної оцінки діагнозу та лікування, «золотого стандарту» посмертної аутопсії бойових ушкоджень представлені в науковому повідомленні

союзників [248, 278]. А своїм бойовим досвідом радіологічної допомоги (рентгенологічної та комп'ютерно-томографічної) поділився американський радіолог Les Folio [253]. Досвід застосування ультразвукового портативного приладу в тактичній медицині БТ військовими хірургами союзних країн партнерів подані в керівництві з Невідкладної хірургії [103].

На структуру БТ у сучасній війні вплинули характер ведення бойових дій, а на результати лікування – медико-технічне забезпечення медичних підрозділів і військово-медичних закладів відповідно до завдань, можливостей, підготовка військових лікарів та інші фактори, які останніми роками значно змінилися, що потребувало нових підходів до МВБТ [8, 10, 11, 31, 87, 88, 171, 218, 253]. Таким чином, актуальність проблеми обумовлена як тяжкістю, поліваріантністю поранень, травм сучасними видами зброї, розвитком післяопераційних ускладнень, так і гібридним та повномасштабним характером бойових дій, переходом від маневреної до позиційної війни, недосконалістю діючої системи медичної візуалізації, рівнем технічного оснащення ЕМЕ, адаптованих до відповідної бойової обстановки. Проблема обумовлена складовими – організаційною, діагностичною, лікувальною, що потребувало поглибленого експериментального вивчення механогенезу сучасних вогнепальних поранень, травм різної локалізації, візуальної характеристики вогнепальних ран, з урахуванням руйнівної дії, бронебійної уніфікації патронів та боєприпасів, виявлення візуально-балістичних ознак бойових ушкоджень, удосконалення організаційно-діагностичної тактики на РМЗ із застосуванням технічних здобутків медичної візуалізації, сучасної хірургії, телемедицини для покращення лікування у постраждалих із БТ.

Дисертаційна робота виконана за планом НДР «Променева діагностика бойової хірургічної травми» (Radiologic diagnostics of the battle surgical trauma) Харківської медичної академії післядипломної освіти (ХМАПО) МОЗ України (номер державної реєстрації 0117U005011, 2017 р.); комплексної НДР «Розробка методики випробувань мобільного цифрового рентгенографічного та короткотермінового рентгеноскопічного комплексів», (шифр «ІОНА»),

Українська військово-медична академія (УВМА) (номер державної реєстрації 0118U002150; 2018–2019 рр.); НДР Національного університету оборони України (НУОУ) «Формування вимог до протиосколкового захисту бойових броньованих машин (шифр «Ковдра-УО», 2020 р.); НДР «Розроблення сучасних методів діагностики та лікування гнійно-септичних ускладнень при бойовій хірургічній травмі» (шифр «Рана», УВМА (номер державної реєстрації 0120U101834; 2020–2022 рр.); НДР НУОУ «Теоретико-практичні аспекти оцінки якостей і експлуатаційних властивостей м'яких балістичних пакетів бронезилетів» (шифр «Відсіч-УО», 2023 р.); «Порівняльна оцінка характеристик 5,45x39 мм набоїв 7Н39 та 7Н10» (шифр «Радар-1», 2023 р.) та «Порівняльна оцінка характеристик 5,45x39 мм боєприпасів виробництва рф 7Н22, 7Н39 з боєприпасом радянського виробництва індекс 7Н10» (шифр «Радар-2», 2023 р.)

Тема дисертації рекомендована до виконання та затверджена на засіданні Вченої ради ХМАПО МОЗ України (протокол № 10 від 23 грудня 2016 р.).

Метою дисертаційного дослідження було підвищення ефективності променевої діагностики бойових ушкоджень для покращення лікування постраждалих із бойовою хірургічною травмою шляхом застосування променевих методів медичної візуалізації (експериментального та клінічного дослідження).

Для проведення дослідження було визначено дві лікувально-діагностичні групи, що проходили хірургічне лікування у НВМКЦ «ГВКГ»: основну (II) групу – 653 постраждалих, з яких 583 (89,3 %) вижили, 70 (10,7 %) померло, а порівняльну (I) групу – 361 постраждалих, з яких 326 (90,3 %) вижило, 35 (9,7 %) померло. Середній вік постраждалих був 34 роки, померлих – 36 років (за відмінністю медіан у середньому померлі на 2 роки були старші від тих, які вижили, $p=0,049$). Гендерний та лікувально-організаційний розподіл наступний: в основній групі (II група) – 643 (98,5 %) прооперованих постраждалих чоловіків та 10 (1,5 %) жінок (середній вік – 34 р.), (міжквартильний інтервал 27–40 р.), до яких на II, III, IV РМЗ застосовували променеві методи медичної візуалізації – РГ, МДКТ з контрастуванням (II₂ підгрупа), без контрастування (II₁ підгрупа),

МРТ, РАГ, УЗД та проводили візуальний контроль на ІV РМЗ у період повномасштабної війни (з 24.02.2022 по жовтень 2023 рр.). II основна група набиралася в умовах створеної системи етапного лікування постраждалих у повномасштабній війні. У I групу увійшло 357 (98,9 %) прооперованих чоловічої статі та 4 (1,1 %) жінок, (середній вік – 34 р.) (міжквартильний інтервал 30–39 р.), яким було проведено УЗД, РГ, МДКТ без контрастування за різний дослідний період: Революція Гідності, у м. Києві (листопад 2013 р.), АТО (2014–2018 рр.) та ООС (2018–24.02.2022 рр.) на території Донецької та Луганської областей. I група формувалася в умовах недостатності бойового досвіду МВБТ, надання медичної допомоги у «ситуаційній» системі лікувально-евакуаційного забезпечення в умовах обмежених ресурсів візуалізації та контролю БТ. Відмінність груп спричинена зміною характеру і способів ведення бойових дій та використання засобів ураження.

В експериментальних умовах із застосуванням комбінованого балістичного біологічного імітатора в серії пострілів зі стрілецької зброї (АК-74 та СГД) БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н10 з відстані 10,3 м у відкриті анатомо-функціональні зони встановлено руйнівну властивість (розривну, клиноподібну дію) із наскрізними та переважанням вогнепальних поранень із сліпими рановими каналами та пробивну, контузійну дію БК 7,62 мм з відстані 300 м у закриті бронепластиною ділянки біологічного імітатора, що спричинило заброневу травму без ранового каналу (вибухова травма легень, закрыта травма живота, черепно-мозкова БТ, інші закрыті бойові травми). При імітації осколково-направленого ураження із застосуванням великокаліберних БК 12,7 мм Б-32 представлено експериментальне осколкове поранення. Збільшення відстані від експериментального зразка дало можливість запобігти множинному ураженню та ідентифікувати осколки в засипному уловлювачі. Аналіз масових характеристик осколочного потоку після 0,5 мм листа сплаву алюмінію показав, що при близьких значеннях швидкостей БК та кутів влучення при обстрілі броневого захисту товщиною 19 мм відкольні елементи не пробивали алюмінієвий лист. Уражаючу енергію мали найбільші осколки передньої частина

бронебійного осердя кулі та наступні 1–2 менші за масою осколки. На 20 % желатину балістичних блоках у серії пострілів із трофейної автоматичної зброї противника АК-12 модифікованими БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н39 із складу карбїду вольфраму визначено розривну, пробивну, клиноподібну та контузійну дію на різних дистанціях пострілів. Так, з відстані 10 та 100 м РК характеризувалися мультиосколковою доріжкою та розщепленням за рахунок власних осколків БК (серцевини, щільність 3071 од. НУ, «сорочки», щільність 3050–3070 од. НУ) та осколків бронепластики (щільність 1400–1700 од. НУ). З відстані 250 та 300 м РК відрізнялися мінімальною кількістю осколків, відсутністю фрагментів оболонки БК, крупним лідируючим осколком сердечника (щільність 3071 од. НУ) та множинними міхурцями газу. Балістичний експеримент показав бронебійну уніфікацію сучасних патронів та боєприпасів.

В умовах гострого експерименту виявлено візуальні ознаки бойових ушкоджень: газ у РК, підшкірна емфізема (щільність -902 ± 28 од. НУ); гематома орбіти (щільність $+65,5 \pm 15$ од. НУ); гемосинус (щільність $+50,2 \pm 19$ од. НУ); переломи кісток, сторонні тіла невогнепального походження (СТНВП, кісткові уламки, щільність 1100 ± 85 од. НУ); пневмоцефалія (щільність -953 ± 30 од. НУ); гематома мозку (щільність $+76,6 \pm 5,5$ од. НУ); субарахноїдальний крововилив (САК, щільність $+55,5 \pm 8,0$ од. НУ); пневмомедіастинум (щільність -973 ± 20 од. НУ); гемоперикардіум (щільність $+70,3 \pm 4,2$ од. НУ); пневмоторакс (щільність $-880 \pm 15,0$ од. НУ); гемоторакс (щільність $+46,7 \pm 17,6$ од. НУ); забій легень (щільність -110 ± 12 од. НУ); пневмоперитонеум (щільність $-943 \pm 33,3$ од. НУ); гемоперитонеум ($+54 \pm 12,4$ од. НУ); забій печінки (щільність $+25,2 \pm 8,2$ од. НУ); сторонні тіла вогнепального походження (СТВП – сердечник БК, щільність 3071 од. НУ; осколки оболонки «сорочки», щільність 3046–3067 од. НУ), сторонні тіла невогнепального походження (СТНВП, кісткові уламки, щільність 1090 ± 20 од. НУ).

В експериментальних умовах ураження желатинових блоків БК 7Н39 з російського трофейного АК-12 визначена формула для балістичної волюмометрії та розрахований прогностичний вітальний індекс j (%) руйнації тканин ($j \leq 40\%$ – прогноз сприятливий; $j > 40\%$ – прогноз несприятливий), який був застосований для балістичної, небалістичної волюмометрії у постраждалих із БТ різної локалізації та прогнозу результатів їх хірургічного лікування. З аналізу гістологічного дослідження біоптатів експериментальних ран та ділянок БУ біологічних зразків було встановлено руйнацію клітин, крововиливи, набряк, повнокровність органів, плазморагію, білкову та змішану дистрофію, а у зоні контакту осколків – некроз клітин спинного мозку. Експериментальні візуально-балістичні показники та гістологічні ознаки ушкоджень стали еталоном для оцінювання бойових ушкоджень у постраждалих із бойовою травмою різної локалізації.

Сучасні збройні конфлікти характеризуються тісним протистоянням сторін, широким застосуванням партизанських, диверсійних, гібридних способів збройної боротьби із застосуванням, крім штурмової, стрілецької зброї, протипіхотних засобів ближнього бою, мінно-вибухових боєприпасів, осколкових гранат, радіокерованих вибухових пристроїв, ударних дронів, комбінації факторів вогневого ураження. А яскравим прикладом асиметричного та гібридного способу ведення бойових дій у російсько-українській війні є застосування важкого озброєння, авіації (керовані авіаційні бомби та ракети), бойові дрони, або поєднання чи їх комбінації. Це обумовило переважання багатофакторного ураження, для якого характерна, крім механічного ушкодження, дія на організм ударної, вибухової хвилі, гідродинамічного удару, локальної або загальної контузійної травми, поранення осколковими та сучасними модифікованими БК та боєприпасами. Тому МБЕ із застосуванням КББІ (експериментальних тварин – кіз) завершили візуальною оцінкою тяжкості бойової травми. Дані, отримані в експерименті, дали ключ до розуміння тяжкості БУ анатомічних структур органів різних АФЗ при пораненнях, травмах у сучасній війні. Узагальнюючи візуальні дані в анатомічній моделі бойових

ушкоджень, у 90 % випадків БТ в експерименті була тяжкою, з поліструктурними змінами, візуально-балістичними ознаками ушкоджень життєво важливих анатомічних структур та органів, що мали несприятливий прогноз для виживання. З урахуванням тяжкості травми та загибелі зразків дослідних тварин обох серій застосування введення рентгеноконтрастного йодовмісного засобу у РК (вільнерографія, фістулографія) з оглядовою рентгенографією та МДКТ біологічного імітатора забезпечили променеву діагностику поєднаних та множинних БУ декількох порожнин тіла, магістральних судин, множинних БУ внутрішніх органів. Гібридна методика поєднання вільнерографії, фістулографії з МДКТ (неможливо було виконати внутрішньосудинне контрастування, а також відсутність змішування контрасту з біологічними рідинами та однакова щільність контрасту і контрастованої порожнини, +3070 од. НУ) дозволили розрізнити бронебійну, розривну, клиноподібну, контузійну дію сучасних БК, вплив гідродинамічного удару, ударної вибухової хвилі, осколкового направленого потоку, металеву дію, інших факторів на фатальні наслідки та стверджувати про зміщення структури БТ від вогнепального поранення (кульового, осколкового) до вибухового поранення та вибухової травми. Отримані експериментальні дані обґрунтовували застосування МДКТ із контрастуванням (*Full Body Scan*) у постраждалих із БТ у важкому та вкрай важкому стані для сортування, діагностичного та експертного рішення про подальше хірургічне лікування.

За дослідний період у балістичному розподілі статистично значимо ($p < 0,001$) переважало застосування противником важкого, реактивного, артилерійського, авіаційного озброєння для вогневого ураження у 87,3 % випадків у постраждалих основної II групи. Застосування ЗІЗ (захисного шолома, окулярів, бронежилета, інших обладунків) було частішим у II групі – у 84,7 % (553 постраждалих) проти I групи у 70,1 % (253 постраждалих), ($p < 0,001$). Проте в групах порівняння в основній II у 12,6 % (82 поранених) та I групі у 9,4 % (34 постраждалих) достовірної різниці ушкоджень очей не виявлено ($p = 0,149$). БТ очей складала 11,5 % випадків за дослідний період, що значно перевищило

6 % у американських солдат (за даними Операції визволення Іраку/Операції «Непохитна свобода», [103]). З метою переваги в озброєнні та військовій техніці у РФ розробляються зразки нового покоління з принципово новими можливостями вогневого ураження і управління [60–62, 85, 464]. В структурі БТ за типом (вогнепальна, невогнепальна травма) виявлено відмінність між групами ($p < 0,001$), з перевагою в основній II групі у 30,5 % (199 постраждалих) вибухових поранень та 36,9 % (241 постраждалих) вибухової травми порівняно з I групою – 16,1 % (58 постраждалих) та 22,4 % (81 постраждалих) відповідно. В обох групах статистично переважали ($p = 0,011$) постраждалі солдатсько-сержантського складу порівняно з офіцерами та іншими особами – в 94,3 % (616 постраждалих) у II групі та 93,1 % (336 постраждалих) у I групі, що відповідало даним українських військових хірургів і травматологів [60–62, 90, 93, 95, 98, 107, 161, 171].

У лікувально-діагностичних групах відмічено статистичну недостовірність візуально-балістичних ознак бойових ушкоджень та волюмометричних параметрів (V_{PK} , ділянок БУ; V_{AFZ} ; j (%), $p = 0,562$, $p = 0,078$, $p = 0,198$ відповідно) відносно типу БТ (невогнепальної травми, вогнепального поранення (кульового, осколкового), вибухового поранення, вибухової травми), що можна пояснити тяжкістю травми, важким станом постраждалих, значним обсягом ушкоджень різної локалізації та застосуванням високоенергетичної зброї. У порівняльних групах у 105 померлих за дослідний період визначилися механізми смерті: ТЕЛА – в 5,7 % (8 постраждалих), ниркова недостатність – в 8,6 % (9 постраждалих), набряк, набухання головного мозку – в 42,9 % (45 постраждалих), поліорганна недостатність – у 56,2 % (59 постраждалих), дихальна, серцево-судинна, серцево-легенева недостатність – в 69,5 % (73 постраждалих). У постраждалих I групи ризик летального випадку виявлено при невогнепальній травмі у 15,9 % випадків, а при вибуховому пораненні – у 13,8 %, ($p = 0,036$). В основній II групі не виявлено зв'язку ризику летального випадку з типом БТ ($p = 0,106$), що пов'язано з переважанням вибухового поранення у 30,5 % (199 постраждалих), вибухової травми у 36,9 % (241 постраждалих) та механічного

і багатовекторного впливу ушкоджуючих факторів у повномасштабній війні [36, 46–48, 55].

Практичний досвід надання хірургічної, діагностичної допомоги постраждалим із БТ розпочатий з 21 листопада 2013 р. (подій Революції Гідності у м. Києві), який перемістився у зону АТО/ООС (з 2014 р. – 24.02.22 р.) та повномасштабну війну (з 24.02.22 р. по теперішній час) здобутий у НВМКЦ «ГВКГ» відобразив управління, контроль, комунікацію, взаємодію [17, 24, 73, 93, 100]. Встановлено, що розподіл постраждалих із БТ, яким виконувалися променеві методи медичної візуалізації (УЗД, РГ, МДКТ, МРТ, РА) на РМЗ мали деякі особливості, що залежали від різних фаз бойових дій, медико-технічного оснащення та термінів евакуації. На II РМЗ визначився рівномірний розподіл постраждалих, яким виконали візуалізацію у 50,7 %, а не виконали у 49,3 % випадках. На III РМЗ було проведено променеві обстеження у 94,8 % випадках, що обґрунтувало доцільність застосування зведених медичних загонів [24]. Кількість променевих досліджень до вищого РМЗ зростала відносно максимального числа операцій (8, 18, 38 відповідно) та за медіаною значення 5 операцій на IV РМЗ обґрунтувало найбільшу кількість методів медичної візуалізації у НВМКЦ «ГВКГ» (404, 485, 2656 відповідно), (кількість хірургічних операцій, інвазивних маніпуляцій >5, чутливість тесту 56,2 % (95 % ДІ 46,2 % – 65,9 %), специфічність 63,2 % (95 % ДІ 59,9 % – 66,3 %), збільшило ризик летального випадку в постраждалих із БТ у післяопераційному періоді, ($p < 0,001$). Встановлено, що важкий та вкрай тяжкий стан постраждалих у групах порівняння за медіаною значення не вплинув на середню тривалість перебування у НВМКЦ «ГВКГ»: (11 діб для тих, хто вижив та 8 діб – для померлих), ($p = 0,016$). Постраждали основної II групи статистично значущо переважали при надходженні у ВРІТ для хірургічних та нейрохірургічних хворих – 47,2 % (308 постраждалих) проти 32,1 % (116 постраждалих) у I групі, ($p < 0,001$), що можна пояснити важкістю стану, тяжкістю БТ внаслідок застосування противником важкого, авіаційного озброєння та поєднання вогнепальної зброї, бронебійної уніфікації патронів та боєприпасів в умовах бойових дій повномасштабної війни.

При визначенні коефіцієнта потреби у невідкладних променевих методах візуалізації БТ інтегральним обчисленням встановлено, що в групах порівняння статистично переважало застосування УЗД ($76,5 \pm 3,1$) % на II РМЗ, ($45,6 \pm 4,4$) % на III РМЗ та ($58,4 \pm 1,6$) % на IV РМЗ ($p < 0,05$). Визначена діагностична ефективна варіація медичної візуалізації БТ: 3 (УЗД): 1 (РГ): 0 (1) (МДКТ). Встановлено, що МДКТ для діагностики бойових ушкоджень різної локалізації превалювала ($p < 0,001$) в клінічній радіології за вогнепальної та невогнепальної травми з II до IV РМЗ: ($2,7 \pm 1,3$) %, ($24,4 \pm 3,5$) %, ($73,0 \pm 3,7$) % відповідно.

Передумовами вибору як хірургічної тактики, так і методів медичної візуалізації була об'єктивізація клінічної оцінки важкості травми, стану із використанням модифікованої медико-візуальної шкали [148] шляхом візуальної бальної оцінки, доповненої до шкали Гур'єва Кравцова Ордатія: (+11 балів: «травматична ампутація кінцівки», «травматична ампутація органа», візуальні ознаки «ушкодження магістрального нервово-судинного пучка», «ушкодження ока», «ушкодження спинного мозку»; +10 балів: пневмо/гідроторакс, пневмо/гідроперитонеум, гідроперикард, пневмоцефалія, забій мозку, внутрішньомозкові оболонкові гематоми, САК, гематоми внутрішніх органів, емфізема тканин, пневмомедіастинум, газ РК, переломи різної локалізації; +5 балів позитивного результату сортувального FAST-протоколу, модифікованого розширеного EFAST-протоколу; +5 балів СТВП (БК, металеві осколки, фрагменти снарядів, обшивки боєприпасів); +2 бали СТНВП (кісткові уламки, сторонні тіла медичного призначення, пластик, скло тощо).

Інтегральний аналіз результатів стандартизованих бальних шкал ISS, PRS, ATS, AIS-90, RTS оцінки тяжкості травми, важкості стану постраждалого вказав на недостовірність та неможливість використання їх у разі бойової травми в Україні. Тому, застосувавши шкали зарубіжних та вітчизняних хірургів, травматологів (AIS (*Abbreviated Injury Scale*), ISS (*Injury Severity Score*), шкали ГКО (Гур'єв, Кравцов, Ордатій) та ґрунтуючись на їх досвіді, порівняли тяжкість БТ, важкість стану у дослідних групах та встановили, що ступінь важкості БТ

у постраждалих основної II групи був вищим, ніж у постраждалих I групи ($p < 0,001$), а ступінь тяжкості БТ у постраждалих із вибуховим пораненням вищий, ніж у постраждалих із невогнепальною травмою, вогнепальним пораненням (кульовим, осколковим), вибуховою травмою ($p < 0,05$ для всіх груп). Для встановлення взаємозв'язку між показниками ІМТ, тяжкості отриманих ушкоджень, рівня креатиніну крові виявлено зв'язок із індексом маси тіла ($p = 0,003$). Тобто, ступінь тяжкості травми, важкості стану у постраждалих з ІМТ ($< 18,5$ кг/м²), недовогаю був вищий ($p < 0,05$), ніж у постраждалих із нормальною вагою при ІМТ (18,5–24,9 кг/м²). Отримані дані відрізняються від даних Чемериса О. М. та Хіміча С. Д [165], а важкість стану постраждалих статистично значущо ($p < 0,001$) зростала із збільшенням показника рівня креатиніну в плазмі. Відмінність між групами порівняння у постраждалих від легкого до вкрай важкого стану статично значуща ($p < 0,05$), а медіана значення межі рівня креатиніну у постраждалих у важкому стані була 137,6 мкмоль/л, що незначно перевищило показник норми та дозволило застосовувати МДКТ із контрастуванням у постраждалих за життєвими показаннями, з поліорганною, нирковою недостатністю, на діалізі. При МДКТ в режимі сканування *Full Body Scan* в групах порівняння статистично переважали поєднані ушкодження у постраждалих II групи та поєднана, комбінована бойова хірургічна травма із вибуховими пораненнями у 68,5 %, вибуховою травмою у 50,3 %, кульовим, осколковим пораненням у 46,1 % випадків, а у I групі достовірно частіше була ізольована та множинна травма ($p < 0,001$). Привернуло увагу статистично значиме переважання у II групі комбінованої травми та політравми ($p < 0,001$) у постраждалих із вибуховим пораненням, що відповідало даним професорів Я. Л. Заруцького [25, 27, 28, 79] та С. О. Гур'єва [60–62], та вищий (важкий ступінь) і найвищий (вкрай тяжка БТ) у постраждалих із політравмою та комбінованою травмою ($p < 0,05$ для всіх парних порівнянь). Тому для обґрунтування ефективності застосування шкали МВШ [148] для об'єктивізації клінічної оцінки тяжкості травми, важкості стану застосували шкали наших співвітчизників (ГКО) та стратегічних партнерів (AIS, ISS). Встановлено, що

шкали AIS, ISS не були адаптовані до системи та принципів у реально діючій вітчизняній системи хірургічної, травматологічної та безпосередньо діагностичної допомоги у сучасній війні. У порівняльній розподіл за шкалами AIS, ISS було включено 911 постраждалих, тому що 103 постраждалих із БТ не класифікувалися за даними шкалами порівняно зі шкалами ГКО та МВШ, де були обліковані всі 1014 постраждалих. Таку відмінність можна пояснити наявністю у 103 постраждалих некласифікованих ушкоджень м'яких тканин тіла різної локалізації, ступеня тяжкості бойової хірургічної травми, важкості стану, об'єму дефектів.

Запропонована МВШ корелювала з показниками ступеня тяжкості травми шкал AIS та ISS (p -value=0,005 для шкали AIS; p -value=0,004 для шкали ISS) тісніше, ніж із шкалою ГКО, що можна пояснити однаковими умовами створення та застосування шкали ГКО та МВШ в Україні, а також врахуванням, крім ступеня тяжкості травми, стану основних систем організму постраждалого у післяопераційному періоді, що було безпосереднім відображенням отриманих візуальних ознак. Оскільки коефіцієнт кореляції ISS з МВШ був вище на $\Delta=0,032$ (95 % ДІ 0,010 – 0,055) та коефіцієнт кореляції AIS з МВШ вище на $\Delta=0,033$ (95 % ДІ 0,010 – 0,056), тоді МВШ була більш адаптована до шкали ISS, де враховуються анатомічні полісистемні та поліорганні ушкодження. Тому МВШ достовірно корелювала із тяжкістю травми, важкістю стану, що відобразило структурно-функціональні зміни анатомічних ділянок у постраждалих на етапах медичної евакуації та подальшого лікування. Застосування МВШ дозволило збільшити точність прогнозування ризику тяжкості травми та стану постраждалого із БТ за шкалою ISS порівняно із шкалою ГКО. Для прогнозування ризику тяжкості травми, стану за шкалою ISS доведено, що за шкалою МВШ (критичне значення 32 бали) чутливість тесту складала 95,8 % (95 % ДІ 88,3 % – 99,1 %), специфічність 57,7 % (95 % ДІ 54,3 % – 61,1 %); за шкалою ГКО (критичне значення 21 бал) чутливість тесту складала 95,8 % (95 % ДІ 88,3 % – 99,1 %), специфічність 49,3 % (95 % ДІ 45,9 % – 52,8 %). Так, для клінічної оцінки об'єктивізації тяжкості травми, важкості стану

постраждалого із застосуванням МВШ, способу візуальної оцінки тяжкості травми, стану визнано статистично достовірним у 97 % випадків ($p < 0,001$) [91, 92].

Ретроспективно проаналізовано медичні карти стаціонарного хворого (форма № 003/о) прооперованих постраждалих, які лікувалися у ВРІТ 32,1 % (116 постраждалих I групи) та 47,2 % (308 постраждалих II групи) та встановлено зв'язок механізмів смерті (набряку, набухання головного мозку, поліорганної недостатності, ниркової недостатності, дихальної, серцево-судинної, серцево-легеневої недостатності) з різними ускладненнями післяопераційного періоду. У 45 постраждалих із набряком, набуханням головного мозку статистично значущо були інтра- та екстракраніальні ускладнення ($p < 0,001$), інфекційні (сепсис, перитоніт, флегмона, газова гангрена, гнійний перихондрит, інші ускладнення), ($p = 0,008$) та неінфекційні (набряк легень, гідроторакс, кишкова непрохідність, інші ускладнення), ($p = 0,002$), а також пролежні, кахексія, фантомний біль у куксах кінцівок, ($p = 0,013$) та спостерігалися нефрити, епідидиміти ($p = 0,010$). У 9 важких та вкрай тяжких постраждалих із клінічним синдромом гострого пошкодження нирок достовірно частіше спостерігали ниркову недостатність в механізмі смерті та інфекційні ускладнення (сепсис, остеомієліт, перитоніт, флегмону, інші), ($p < 0,001$), пневмонію ($p = 0,011$), неінфекційні ускладнення (гострий коронарний синдром, набряк легень, ТЕЛА), ($p = 0,048$), гемостазіологічні ускладнення ($p = 0,013$) та післяреанімаційну хворобу ($p = 0,011$). У 59 постраждалих із механізмом смерті поліорганною недостатністю визначився достовірно значимий рівень ($p < 0,001$) наступних ускладнень: інфекційних та неінфекційних головного мозку (дислокація, набухання головного мозку, незаміщені дефекти черепа, ішемічний інсульт, інфаркт мозку, менінгоенцефаліт, інші), пневмонія, гемостазіологічні ускладнення, ниркова недостатність та післяреанімаційна хвороба. Механізми смерті дихальної, серцево-судинної, серцево-легеневої недостатності у 73 післяопераційних хворих спостерігались інфекційні, неінфекційні ускладнення внутрішніх органів, головного мозку, пневмонія, гемостазіологічні

ускладнення, гостре пошкодження нирок, післяреанімаційна хвороба, акубаротравма та пухлини, ($p < 0,001$). Так, рангуючи в програмі статистичного моделювання із розрахунком відносного ризику смерті (RR), встановлено у скільки разів певні ускладнення зустрічаються у групі померлих, ніж у групі, які не померли чи померли з іншої причини (виділилися ускладнення, що зростали від найбільшого до найменшого, 95 % ДІ – де перетинаються із 1, то значущої відмінності не було виявлено, розділ 4, додатки А58, А59) [36, 50, 274–277]. Досвід попередніх воєн дав реальне уявлення про причини смерті від поранень та ускладнень з патологоанатомічних матеріалів, що базувалися на розтинах за важких та смертельних поранень. Проте важливі фактори, які призводять до смерті пораненого, травмованого не на полі бою, а в умовах госпітального лікування, сформованої системи етапного лікування відповідно до потреб бойових дій, технічного оснащення РМЗ, укомплектування підготовленими фахівцями стало можливим лише після отримання візуально-балістичних ознак бойових ушкоджень та їх ускладнень. «Золотим стандартом» променевої діагностики була МДКТ, яка дала можливість створити унікальні анатомічні візуальні моделі БТ. З нашого досвіду [55, 70, 149] та американського військового радіолога Les Folio [253, 254], на томограмах у різних площинах сканування оцінили характер ранових каналів різної локалізації. У РК різної локалізації у 51,6 % випадках спостерігався газ, СТВП, СТНВП, геморагічне просякнення, підшкірна емфізема. У 59,3 % (601 постраждалих) статистично переважали сліпі РК із СТВП та СТНВП ($p < 0,05$), наскрізні зустрічалися у 24,4 % (257 постраждалих), у 51,7 % (524 постраждалих) були множинні РК та у 42,4 % (432 обстежених) мали місце ушкодження без РК. Достовірно частіше сліпі РК з газом, геморагічним просякненням, СТВП, СТНВП спостерігалися у 52,9 % випадків при пораненні осколково-фугасними та інженерними боєприпасами, у 68,4 % внаслідок КАБ/КАР, у 50,0 % стрілоподібними елементами та від поранення стрілецькою зброєю, ручними гранатами у 50,9 % випадків ($p < 0,001$). Множинні РК та множинні БУ були у 60,8 % випадків внаслідок дії авіаційного озброєння та реактивної артилерії, а також множинні БУ без РК були у 56,0 %

випадків при невогнепальній травмі. Сліпі та множинні РК достовірно частіше зустрічалися у 88,7 % (228 постраждалих) та 74,7 % (192 постраждалих) відповідно при вибуховому пораненні ($p < 0,05$) для всіх груп. Наскрізний РК частіше спостерігався при вогнепальному пораненні (кульовому, осколковому) у 37,2 % (113 постраждалих). У 68,0 % (219 постраждалих) при вибуховій травмі зустрічалися БУ без РК ($p < 0,001$) – закрита бойова травма. В групах порівняння, у постраждалих у важкому та вкрай тяжкому стані достовірно частіше мали місце сліпі РК з газом, СТВП (кулі, осколки, фрагменти боєприпасів), гематоми, емфізема у 53,8 % (185 постраждалих II групи) та 54,0 % (114 постраждалих I групи), ($p < 0,001$). БУ без РК визначалися у 53,1 % (112 постраждалих) у вкрай тяжкому стані та у 55,9 % (113 постраждалих) у легкому стані.

Експериментально обчислений прогностичний показник вітального індексу j (%), ($j \leq 40$ % – прогноз сприятливий; $j > 40$ % – прогноз несприятливий), балістична, небалістична волюмометрія, ехощільність обстріляних блоків (35–45 кПа) дозволили розрізнити та оцінити РК та ділянки БУ різних АФЗ у постраждалих із БТ. При томографічному оцінюванні найбільший об'єм РК печінки з несприятливим прогностичним індексом був при пораненнях модифікованими БК 5,45 мм індекс 7Н39 із карбіду вольфраму. Особливу увагу на сортувальній МДКТ звернули на збільшення лінійних розмірів, об'ємів АФЗ паренхіматозних органів (печінки, селезінки, підшлункової залози, інших органів) у постраждалих із БТ як наслідок бронебійної уніфікації патронів та боєприпасів. При обчисленні вітального індексу у 57,8 % випадків прогноз був сприятливий, що можна пояснити компенсаторним реактивним збільшенням поранених органів та ефективною лікувально-діагностичною тактикою. Така балістична ознака не спостерігалася при пораненнях легень, проте об'єм РК та вітальний індекс були сприятливими для виживання, що можна пояснити еластичними властивостями легень. Балістична волюмометрія дала змогу відстежити кісткову репарацію (тазових кісток, локалізації груднино-реберного каркаса) в термінах 7–10 діб після поранення при оцінці одиночних, або сумарних РК чи ділянок БУ. Візуально-

балістичні ознаки найменшого РК зі сприятливим прогнозом були при пораненнях печінки, нирок, кінцівок боєприпасом «вбивця піхоти на відкритій місцевості», «ЗШ-2 лепесток» флашетами, стрілоподібними елементами (сліпі РК були у 51,9 % випадків поранень внутрішніх органів, прогностичний індекс j ($4,5 \pm 1,2$) % та множинні РК у 44,9 % випадків при пораненні м'яких тканин кінцівок, індекс j ($2,5 \pm 0,6$) %). Вибір тактики хірургічного лікування постраждалих із БТ залежав від ризику летального випадку, прогнозу летального результату під час операції, анестезії, або хірургічних маніпуляцій. У групах порівняння, загалом у 134 постраждалих із БТ різної локалізації, проведено статистичне оцінювання відносного ризику летального результату (RR) залежно від j (%) та показника етіологічної частки відносного ризику (EF) летального результату лікування. Було встановлено, що в процесі лікування померло 26 осіб ($19,4 \pm 6,8$) %, а вижило – 108 ($80,6 \pm 6,8$) %. Виявлено, що в групі померлих у 7 постраждалих із БТ голови ($26,9 \pm 17,8$) % показник був j (%) >40 %, у решти j (%) ≤ 40 %. В процесі аналізу встановлено, що показник j (%) вплинув на результат лікування $p(F_{\text{ex}}) < 0,00004$, а асоціація між цими показниками була дуже сильною $r_a = 0,98$. При цьому, $RR = 16,8$ [8,0; 33,8], що відповідало $EF = [81; 100]$ %, тому з ймовірністю більше 80 % прогнозували позитивний результат хірургічного лікування БТ. І тільки при пораненнях голови за тих самих умов був летальний результат [36, 50, 276, 277].

Перше вітчизняне повідомлення про кульову емболію легеневої артерії у пораненого з поєднаним осколковим пораненням нижньої порожнистої вени представив професор Хоменко І.П та співавт. [158]. За дослідний період нами спостерігалися антеградний та ретроградний рух осколків у тілі постраждалих із БТ, який пропорційно залежав від їх щільності. Статистичної переваги в показниках балістичної та небалістичної волюмометрії залежно від типу БТ у постраждалих не спостерігалось ($p = 0,562$ та $p = 0,078$ відповідно до об'єму РК, ділянок БУ анатомічних структур або ушкодженої АФЗ).

Особливістю збройного конфлікту, який переріс у повномасштабну війну, стало широке використання ракетно-артилерійських систем, важкого та

авіаційного озброєння, у зв'язку з чим у структурі санітарних втрат переважали осколкові поранення – 58,3 % випадків. Величина і структура санітарних втрат та їх характеристика, порядок надання хірургічної та діагностичної допомоги були варіабельними, непостійними. Організаційно-діагностична схема та алгоритми медичної візуалізації ефективно запрацювали на РМЗ, що підвищило якість хірургічної та діагностичної допомоги у повномасштабній війні. Так, для госпітальної допомоги застосовували портативні ультразвукові та рентгенологічні прилади, для госпітального лікування постраждалих із БТ різної локалізації проводили ультразвукові, рентгеноконтрастні дослідження, МДКТ з контрастуванням та в нативному режимах, МРТ, РАГ та інші складні радіологічні дослідження. На II РМЗ головними вимогами до інформативності УЗД були візуалізація маркерів БУ (рідини та газу в порожнинах тіла, ворітній вені, НПВ) та СТВП, СТНВП, асистенція малоінвазивних втручань, але без ризику відтермінування хірургічних втручань. Так, зважаючи на значну перевагу наявності газу в порожнинах тіла за результатами посмертної МДКТ [248], за нашими даними від II до IV РМЗ у постраждалих відсоток візуалізації вільної рідини був вищим, ніж газу ($p < 0,001$), що свідчило про вирішальне значення вчасної евакуації на вищі РМЗ. На III РМЗ УЗД передбачало сортувальну, діагностичну та динамічну мету візуалізації БУ, післяопераційних станів, діагностику наслідків поранень, травм та діагностичного сонографічного супроводу. На IV РМЗ ультразвуковий метод застосовувався з екстреною, сортувальною, діагностичною, експертною метою у поранених, травмованих в післяопераційному періоді, але без ризику відтермінування операцій або одночасно з невідкладними реанімаційними заходами, інтервенційними втручаннями. Особливе значення було відведено рентгенологічній верифікації СТВП (куль, металевих осколків, сталевих оболонок, фрагментів боєприпасів) для передопераційної підготовки первинної візуально-балістичної ідентифікації, планування оперативних втручань та залучення піротехнічної служби, саперів для надання спеціалізованої та високоспеціалізованої хірургічної допомоги на III, IV РМЗ. Передовий етап (II, III РМЗ) променевої візуалізації БУ різної

локалізації передбачив застосування невідкладної цифрової рентгенографії з визначенням головних маркерів БУ (вільного газу, рідини, СТВП, СТНВП, переломів, інших БУ тіла та патологічних станів), характеру, локалізації поранень, травм та критичних станів у постраждалих із БТ. На III та IV РМЗ були технічно підсилені та удосконалені, інформаційно ускладнені методи та методики променевих досліджень (МДКТ, МРТ, РАГ) із застосуванням штучних рентгеноконтрастних засобів із метою контрольного, динамічного, експертного променевого діагностичного супроводу поранених, травмованих. У постраждалих в післяопераційному стані проводилася вичерпна рентгенологічна діагностика та візуальний контроль ускладнень, наслідків бойових ушкоджень різної локалізації.

Багатофакторний аналіз, а також візуально-балістична оцінка для об'єктивізації клінічної оцінки тяжкості травми, важкості стану постраждалих показали, що ступінь тяжкості травми, стану у постраждалих II групи був вищий, ніж у I групі ($p < 0,001$), а також що у них статистично переважали вибухові поранення та вибухова травма ($p < 0,05$). В аналізі розподілу в групах порівняння у основній статистично переважали поєднані та множинні БУ, політравма та комбінована травма ($p < 0,001$) та був вищий ступінь важкості стану у постраждалих із політравмою та комбінованою травмою для всіх парних порівнянь ($p < 0,05$). На домінуючі БУ грудної клітки та живота прийшлося 34,1 % випадків, на ушкодження голови, очей – 31,3 %, на кінцівки – 27,9 %; хребет – 3,6 %, на шиї – 3,1 %. Тому для задоволення вимог клінічної та діагностичної значущості у двох порівняльних вибірках – домінуюче БУ та БУ конкуруючої, іншої локалізації (за частотами із ДІ 95 % у порядку їх зростання) спонукало до об'єднання відповідних суміжних АФЗ БУ до томографічної послідовної візуалізації в технологію сканування всього тіла (*Full Body Scan*). Порядок зростання (частот із ДІ 95 %) БУ іншої локалізації дозволив встановити зв'язок домінуючого БУ із ризиком летального випадку: ризик смерті при домінуючому БУ голови був вищим ($p = 0,045$), ніж при домінуючому БУ кінцівок ($p < 0,001$). У 90,2 % постраждалих із домінуючими та конкуруючими локалізаціями

ушкоджень тіла у всіх групах порівняння статистично значимо були виявлені ушкодження головного мозку, лицевого або мозкового черепа, очей, екстракраніальних судин ($p < 0,001$). У розподілі ушкоджень АФЗ визначилися поєднання: домінуючого БУ голови з ушкодженням хребта у 29,7 % випадків, шиї у 35,5 % випадків, кінцівок у 20,1 % випадків ($p < 0,001$). Множинна травма з домінуючою локалізацією ушкоджень шиї була в 77,4 % випадків ($p < 0,001$) із ушкодженнями: голови – 24,6 % випадків, хребта – 27,0 % випадків, грудної клітки, спини, черевної порожнини – 15,0 % випадків, кінцівок – 5,3 % випадків, ($p < 0,001$), що відповідало поєднаній травмі. Множинний характер БУ грудної клітки та черевної порожнини встановлено у 69,4 % випадків із поєднаною травмою черевної порожнини, заочеревинного простору, а поєднання ушкодження грудної клітки і спини спостерігали у 80,3 % випадків. Статистично значуще було поєднання домінуючого ушкодження хребта (86,5 % випадків) із ушкодженнями черевної, грудної порожнин, заочеревинного простору (32,4 % та 67,6 % випадків відповідно), ($p < 0,001$). Це обґрунтувало застосування для вичерпної променевої діагностики визначених інформативних та ефективних методів медичної візуалізації анатомічних структур для скорочення діагностичного періоду, тому що природне контрастування різних органів відрізнялося. Також були певні локалізації БУ, які мали перевагу у застосуванні УЗД чи РГ, а «золотим стандартом» діагностики була МДКТ.

Для первинної візуалізації невідкладних станів у постраждалих, а також променевої діагностики БУ тіла, застосовували УЗД та РГ на нижчих та вищих рівнях від госпітальної допомоги до госпітального лікування та у зворотному напрямку із статистичною перевагою УЗД візуалізації рідини, ніж газу ($p < 0,001$). При УЗД в етапованих постраждалих ділянки зміненої структури органів в об'ємі були 21,5–62,3 см³, ($p < 0,001$), СЕГ 18,5–33,7 кПа, ($p = 0,002$). У постраждалих печінка в розмірах була 154 (139–164) мм, СЕГ 5,9 (5–6,8) кПа, селезінка 108 (87–127) мм, СЕГ 18,4 (15,6–23,4) кПа, стеатографія і стеатометрії печінки – 1,79 (1,47–2,04) дБ/см/МГц; кава-аортальний індекс 0,854, що відповідало середньостатистичним показникам, та не мало клінічного значення, відповідало

гемодинамічно стабільному стану або допустимій стабілізації післяопераційних постраждалих [201]. За соноеластографічними вимірюваннями медіана значення СЕГ плеврального випоту була 13 (8,3–18,6) кПа, черевної порожнини, заочеревинного простору, таза – 16,7 (9,3–26,3) кПа, що відповідало ексудату, перикардіальної локації – 8 (6,2–9,3) кПа, що корелювала із трансудатом [32, 39]. За результатами УЗДГ у 56,0 % обстежених КІМ була 1 мм, у 42,9 % – 1,1–1,5 мм, а у 1 % постраждалих більше 2 мм. У 93,1 % випадків БТ голови спостерігалися стенози різних сегментів екстракраніальних артерій до 30 % за рахунок гіпоехогенних атеросклеротичних бляшок, СЕГ бляшки 54–65 кПа. У постраждалих із акубаротравмою визначали зниження швидкісних показників кровотоку по хребетних артеріях ($p < 0,001$), з ризиком нижче 30 см/с по правій [ДІ=1,74 (95 % ДІ 1,48–2,04)], по лівій [ДІ=1,66 (95 % ДІ 1,45–1,91)], причому по правій хребетній артерії ($p = 0,001$) швидкість кровотоку на 7 см/с (95 % ДІ, 25 см/с – 12 см/с) в середньому переважала над лівою хребетною артерією порівняно із постраджалими без акубаротравми. Бойові ушкодження судин спостерігали при осколкових пораненнях у 28,5 % випадків. Загрозливі для життя у післяопераційних постраждалих були кровотеча та ішемія в термінах виникнення ускладнень: ранні (3–7 діб), пізні (від 7 діб), вторинні кровотечі, переважно у нічний час. Серед ускладнень БУ судин визначилися: пульсуюча гематома у 21,2 % випадків, артеріовенозна фістула (нориці) у 18,5 %, післятравматична псевдоаневризма у 24,8 %, артеріальний тромбоз у 17,8 %, венозний тромбоз у 33,1 % випадків. З наслідків БТ, що мали клінічне значення, зустрічалися ускладнення: ішемічні ураження тканин (ішемія мозку, внутрішніх органів, кінцівки), хронічна артеріальна та венозна недостатність. Із узагальненого аналізу застосування УЗД, доповненої доплерографією, соноеластометрією медіана значення УЗ-візуального методу відповідала 3–4 ультрасонографіям.

При рентгенологічному дослідженні вогнепальні переломи кісток спостерігалися у 59,0 % (346 постраждалих), ампутаційні кукси були у 13,7 % (80 обстежених). У 38,4 % (244 постраждалих) визначалися металеві конструкції

(МОС, АЗФ), репозиції та дефекти кісткової тканини, у 9,4 % випадків був остеомієліт, у 8,6 % – пухлиноподібні утворення кісток та у 88,7 % (400 постраждалих) були рентгенологічні ознаки БУ м'яких тканин (набряк, гематоми, газ та СТВП). СТВП (кулі, осколки) візуалізувалися у 57,8 % випадків, СТНВП (кісткові уламки, СТ медичного призначення) у 34,6 % обстежених. У 21,6 % випадків на рентгенограмах були встановлені зміни легеневої тканини (зниження пневматизації легеневих полів, неоднорідні ділянки затемнення, гематоми, або підсилення легеневого малюнку); у 20,6 % випадків були переломи груднино-реберного каркаса, шийного, грудного відділу хребта; забій легеневої паренхіми, ущільнення, післятравматичний пульмоніт, ателектаз спостерігали у 50,8 % постраждалих; ознаки пневмонії, абсцеси легень, емпієми плеври були у 13,7 % післяопераційних постраждалих; нечіткий контур діафрагми, підозра на її ушкодження виявлялися у 9,2 % обстежених; плевральний випіт був у 34,0 % всіх обстежених постраждалих. Пневмоторакс було встановлено у 14,7 % випадків, дисекція аорти, зміщення середостіння спостерігали у 10,0 % постраждалих. У 6,9 % (67 постраждалих) визначалися СТВП (осколки, кулі) внутрішньолегенево, інтраторакально. В м'яких тканинах ший, грудної клітки СТВП візуалізувалися у 16,5 % (160 постраждалих). У 20,4 % обстежених на рентгенограмах визначилися кісткові уламки, дренажі, трахеостомічні трубки, катетери, СТ медичного призначення. На оглядових рентгенограмах у 18,0 % обстежених діагностовано пневмоперитонеум, у 14,3 % – гідроперитонеум, у 11,3 % (44 постраждалих) – кишкова непрохідність. Переломи кісток таза, нижньо-грудного та поперекового відділу хребта спостерігалися у 26,1 % (105 постраждалих). При дослідженні органів черевної порожнини з штучним контрастуванням у 38,0 % (60 постраждалих) діагностовано неспроможність швів анастомозів порожнинних органів, затікання контрастних речовин; у 30,3 % (47 постраждалих) мали кишкові нориці, внутрішньочеревинні затікання контрасту, також у них контрастувалися та накопичували контраст СТНВП (медичного призначення, марлеві серветки, тампони); у 20,0 % (31 постраждалих) було діагностовано злукову хворобу.

У 20,0 % (31 постраждалих) визначилися візуальні ознаки БУ сечовидільної системи. З них у 11,8 % випадків у черевній, грудній порожнині, заочеревинному просторі, тазові візуалізувалися кулі, металеві осколки та кісткові уламки, медичний матеріал. У проаналізованих показниках сторонніх тіл вогнепального походження медіана значення розміру була 7,8 мм – у м'яких тканинах тіла та 7,25 мм у внутрішніх органах або заочеревинно. Середнє значення медіани дефекту кісткової тканини склало у 122 обстежених 32 мм (8,2–52,8) мм. За дослідний період у загальному масиві досліджених рентгенологічний метод МВБТ застосовували 2 рази, а медіана значення сумарної дози опромінення у масиві обстежених із БТ відповідала 1,6 мЗв.

Відповідно до тактики візуального контролю БУ від II до IV РМЗ, дотримуючись організаційно-діагностичної схеми медичної візуалізації, на IV РМЗ у післяопераційних постраждалих застосували МДКТ (*Full Body Scan*) з контрастуванням та без контрастування голови, черепа, внутрішніх органів, кінцівок, різних анатомічних структур та локалізацій в послідовному скануванні. Так, переломи кісток лицевого черепа, очниць, БУ м'яких тканин екстракраніальної зони спостерігали у 38,4 % випадків. У 30,2 % були переломи кісток основи та склепіння черепа. Внутрішньомозкові, оболонкові гематоми, забій головного мозку, внутрішньошлуночкові крововиливи, САК зустрічалися у 41,8 % випадках, а набряк, дислокацію головного мозку діагностували у 13,1 % обстежених, пневмоцефалію – у 11,6 % випадках. Інтрацеребральної локалізації СТВП (кулі, осколки) діагностовано у 16,3 %, зі щільністю: у 37,0 % (27 постраждалих) ≤ 3071 од. НУ, у 63,0 % (46 обстежених) ≥ 3071 од. НУ. Екстрацеребральної та цервікальної локалізації СТВП спостерігалися у 28,7 % випадках, з них у 43,8 % (94 постраждалих) щільність була ≥ 3071 од. НУ, у 32,7 % (54 обстежених) ≤ 3071 од. НУ (за еталон щільності експериментально прийнято БК калібру 5,45x39 мм патрона 7Н6, 7Н10, 7Н22, 7Н39, щільність 3071 од НУ). Інтрацеребральної локалізації СТНВП (кісткові уламки, інші не металеві тіла) були у 39 постраждалих із БУ голови та мали щільність < 1000 од. НУ, у 28 обстежених щільність була > 1000 од. НУ. В ушкоджених м'яких

тканинах голови, шиї, грудної клітки у 57 постраждалих були СТНВП, з них у 63,2 % (36 постраждалих) ≥ 1000 од. НУ, а у 36,8 % (21 постраждалого) були < 1000 од. У 29,3 % постраждалих були діагностовані гемофтальм, гемосинус (щільність 75 постраждалих < 40 од НУ; у 145 обстежених ≥ 40 од., але < 70 од. НУ та ≥ 70 у 3 постраждалих). У чотирьох випадках у постраждалих із БУ орбіт у ретробульбарному просторі був газ, щільність -987 од. НУ. У 21,0 % (131 постраждалих) діагностували кістково-трепанацийні отвори, кістозно-атрофічні зміни головного мозку, гідроцефалію, асиметрію шлуночків, а у 9,5 % (58 постраждалих) були менінгоенцефаліт, абсцеси, пролабування головного мозку. Полісинусити (сфеноїдити, етмоїдити та інші) діагностовано у 39,9 % (248 постраждалих), (щільність у 96,4 % < 33 од. НУ, у 3,6 % ≥ 33 од. НУ). Медіана значень патологічних осередків головного мозку була 43,5 од. НУ та 53,3 од. НУ, що відповідало геморагічному вмісту, площа трепанаційного отвору склала 51 см². Візуалізовані осколки були розмірами: довжина 6,5 мм, ширина 4,3 мм. При МДКТ в режимі сканування *Full Body Scan* у 29,7 % випадків було встановлено гемо/пневмоторакс, у 54,7 % діагностовано плевральний випіт. Показники рентгенівської щільності розподілилися наступним чином: у 17,0 % (69 постраждалих) ≤ 12 од. НУ, що відповідало трансудату; у 44,7 % (182 постраждалих) показник 12–30 од. НУ – плевральний вміст був ексудатом. Гематоракс спостерігався при показниках щільності випоту 30–50 од. НУ, а у 13,0 % (53 постраждалих) був більше 50 од. НУ, що характеризувало випадки гематораксу і гнійного вмісту та емпієми плеври. За результатами МДКТ встановлено зміну структури легень: емфізему сегментів, «були» легень, пневмоцеле, РК у 16,5 % (122 постраждалих) та неприлягання легеневої тканини до грудної клітки, розрив або колапс легень, забій, інфільтрацію паренхіми, ателектаз або пульмонектомію загалом діагностовано у 57,8 % (428 постраждалих). У шести постраждалих із БУ грудної клітки було діагностовано пневмомедіастинум (щільність $-897-901$ од. НУ). У 34 обстежених спостерігалася сепарація листків перикарда та наявність рідини в перикардіальній сумці, щільність 8–30 од. НУ. Кулі, осколки візуалізувалися

інтраторакально у 18,8 % та у 13,9 % обстежених були екстраторакально (їх щільність: у 22 випадках ≤ 3000 од. НУ; у 127 ≥ 3071 од. НУ; у 11 випадках 3000–3070 од. НУ). У 31,8 % обстежених при скануванні *Full Body Scan* візуалізувалися кісткові уламки, дренажі, інші тіла медичного призначення. У 27,9 % випадків було діагностовано переломи хребта, груднино-реберного каркаса (ребра, груднина, лопатки, ключиці) та у 3,6 % випадків переломи хребта зі СТВП у каналі (кулі, осколки), паравертебральної локалізації СТВП спостерігалися у 23,9 % обстежених. У 34,1 % випадків на IV РМЗ при сортувальній МДКТ діагностовано пневмоперитонеум, як результат попередніх операцій. На МДКТ візуалізувалися дефекти м'яких тканин грудної клітки, черевної стінки, спини (медіана значення була 63 мм). У 13,4 % обстежених діагностовано кишкову непрохідність, у 15,3 % БУ діафрагми, її релаксацію, накладені шви та евентерацію внутрішніх органів. У 45,8 % постраждалих у важкому та вкрай важкому стані, що склали третину обстежених на МДКТ *Full Body Scan* із контрастуванням, спостерігалися рідинні скупчення, вільна рідина, накопичення або випіт у грудній, черевній порожнині, заочеревинному прострі, тазові ($p < 0,05$). Крім візуальної та кількісної оцінки порожнинних випотів, визначили їх щільність: від 0 до 10 од. НУ у 19,1 % (57 постраждалих), що відповідало трансудату, асцити та від 50 до 72 од. НУ у 15,1 % (45 постраждалих), що було гемоперитонеумом, гематомами порожнин тіла, у 16,4 % (49 постраждалих) перитонеальний випіт складав 10–20 од. НУ та 20–30 од. НУ, що відповідало ексудату в порожнинах тіла. З них у 32,7 % (53 постраждалих) встановлено спленектомію, у 40,2 % (39 постраждалих) були нефректомії, а у 17,9 % (35 постраждалих) було діагностовано відсутність контрастування нирок. У 22,6 % (32 постраждалих) із ускладненим перебігом БТ внутрішніх органів на МДКТ було діагностовано абсцеси черевної порожнини, у 12,7 % (47 постраждалих) була евентерація внутрішніх органів.

У 53,1 % (163 постраждалих) із БУ внутрішніх органів візуалізувалися СТВП (кулі, фрагменти оболонок, осколки), у 37 з них спостерігалися стрілоподібні елементи у внутрішніх органах, у 41 постраждалого флашети були

в м'яких тканинах кінцівок. У 132 обстежених інтраопераційно та томографічно оцінили їх рентгенівську щільність (min 2057 од. – max 3083 од. HU, медіана значення 3071 од. HU), що відповідало ферумвмісним сплавам плакованих томпаком. Також у 163 обстежених спостерігалися СТНВП (кісткові уламки, медичного призначення та іншої природи СТ): у 19 постраждалих, визначено їх щільність (min 660 од. – max 1112 од. HU, 874 ± 128 од. HU); у 28 обстежених мали щільність < 1000 од. HU, у 21 було ≥ 1000 од. HU, (min 460 од. – max 1342 од. HU, медіана значення 1053 од. HU, $Q_I - Q_{III}$ 998 – 1222,5 од. HU), що при видаленні відповідало кістковим уламкам. У 31 обстеженого з гнійно-септичними ускладненнями щільність СТНВП за медіаною значення була 102,3 од. HU (min 943 од. – max 111,3 од. HU), що відповідало текстиломам, стороннім тілам медичного призначення без ознак накопичення контрастної речовини (при видаленні були марлеві тампони, серветки, інший штучний матеріал). Вогнепальні переломи кісток кінцівок, таза, БУ суглобів на МДКТ встановлено у 53,4 % (212 постраждалих), ампутаційні кукси верхніх або нижніх кінцівок без газу – у 13,0 % (52 постраждалих), у 23,7 % (45 постраждалих) на томограмах візуалізувався газ у тканинах ампутованих кінцівок. БУ м'яких тканин різної локалізації спостерігалися у 63,5 % (254 постраждалих), медіана значення була 61 мм. Дефекти кісткової тканини та репозиція уламків кісток були у 28,6 % (115 обстежених) та остеомієліт у 6,7 % (27 постраждалих).

Зважаючи, що більшість європейських протоколів із травматизму, які базуються на МДКТ *Full Body Scan* з використанням різних фаз контрастування, таких як неконтрастна МДКТ голови, або всіх органів, томографічна ангіографія в артеріальну фазу судин голови, шиї, кінцівок, в артеріальну та венозну фази дослідження органів грудної клітки, черевної порожнини, таза, у венозну портальну фазу дослідження грудної порожнини, живота, таза, в екскреторну фазу – органів заочеревинного простору, таза. Із загальної маси обстежених безконтрастна МДКТ була проведена у 671 (66,2 %), а із застосуванням контрасту – у 333 (32,8 %) постраждалих із БТ, у 1 % обстежених дослідження було призупинено. У НВМКЦ «ГВКГ» статистично переважало застосування

МДКТ у 444 (43,8 %) постраждалих із БТ, ($p < 0,001$), медіана значення відповідала одному опромінюючому методу медичної візуалізації – МДКТ, із сумарною дозою опромінення 16 мЗв.

Для оцінки діагностичної ефективності, інформативності УЗД та РГ, МДКТ (нативну, із контрастуванням, КТ-ангіографію) було визнано як «золотий стандарт» діагностики БУ тіла постраждалого. Для ідентифікації БУ вісцеральних та периферичних судин застосовували РАГ. За результатами порівняння РГ та УЗД (порівнювали за AUC, ДІ 95 %) візуалізації СТВП (куль, осколків, фрагментів боєприпасів), СТНВП (кісткових уламків, медичного призначення, штучний матеріал, тощо) різної локалізації, у тому числі орбіт, пазух лицевого черепа, шиї, кінцівок ($p = 0,158$), ушкодження хребта, кісток таза виявлено статистично значущо ($p = 0,020$) вища інформативність РГ – порівняно із УЗД. Не виявлено відмінності інформативності РГ та УЗД візуалізації переломів довгих трубчастих кісток, грудино-реберного каркаса ($p = 0,091$). Відмічена висока позитивна прогностична значущість рентгенологічного методу діагностики БУ легень (84,6 %), плеври (81,4 %), діафрагми (82,3 %), ускладнень пневмонію (89,4 %), кишкову непрохідність (92,3 %) та специфічність: для легень – 85,0 %, плеври – 64,2 %, діафрагми – 84,2 %, пневмонії – 93,5 %, кишкова непрохідність – 94,3 %. Відмічена висока ефективність РГ із специфічністю (96,2 %) візуалізації потрапляння контрасту в порожнини тіла при фістулографії у постраждалих в післяопераційному періоді – чутливість 53,0 %, +PV 93,5 %, -PV 46,4 %, плеврального випоту (площа кривої операційних характеристик візуалізації плеврального випоту AUC=0,75 (ДІ 95 %), пневмонії AUC=0,76 (ДІ 95 %), кишкова непрохідність AUC=0,78 (ДІ 95 %), що дозволило рентгенологічний метод діагностики БУ та ускладнень віднести до дискримінантного методу. УЗД, доповнена доплерографією, соноеластографією, визнана високоінформативним, ефективним візуальним методом порівняно із РГ для діагностики БУ м'яких тканин тіла ($p < 0,05$), плеврального випоту ($p < 0,01$) у постраждалих із БТ при гострій травмі та в післяопераційному періоді. УЗД, доповнена доплерографією та

соноеластометрією, – ефективний метод діагностики БУ паренхіматозних органів (чутливість 88,5 %, специфічність 84,0 %, +PV методу 92,8 %, –PV методу 75,8 %); порожнистих органів (чутливість 76,7 %, специфічність 83,2 %, +PV методу 85,5 %, – PV методу 75,3 %); промежини, органів калитки (чутливість 89,0 %, специфічність 80,0 %, +PV методу 92,5 %, –PV методу 38,9 %); судин голови, шиї, кінцівок (чутливість 80,8 %, специфічність 73,9 %, +PV методу 88,6 %, –PV методу 42,9 %); вісцеральних судин (чутливість 91,2 %, специфічність 84,3 %, +PV методу 93,4 %, –PV методу 87,0 %) та периферичних нервів (чутливість 64,2 %, специфічність 62,3 %, +PV методу 64,6 %, –PV методу 54,6 %). Виявлено діагностичну ефективність УЗД візуалізації перикардіального, черевного, заочеревинного, тазового випотів (чутливість 92,4 %, специфічність 87,3 %, +PV 86,3 %, –PV 56,5 %). Не визначилося відмінності інформативності РГ та УЗД візуалізації вільного газу в черевній та плевральних порожнинах (пневмоторакс ($p=0,520$), пневмоперитонеум ($p=0,948$), що дозволило застосовувати споріднені методи без втрати діагностичної інформативності в умовах дефіциту часу та ресурсів. Медична візуалізація та візуальний контроль, із застосуванням променевого методів у постраждалих на РМЗ незалежно від медико-технічного оснащення для надання діагностичної допомоги, забезпечила у короткий термін без ризику відтермінування хірургічної та анестезіологічної допомоги або паралельно з ними ефективну діагностику бойових ушкоджень. Тому визнано ефективну, безпечну варіацію променевої діагностики бойової травми для медичної візуалізації – 3 (УЗД) : 1 (РГ) : 1(0) МДКТ; для візуального контролю – 3 (4) (УЗД) : 2 (РГ, 1,6 мЗв) : 1 (МДКТ, 16 мЗв).

Відсутність відмінності відносних показників летальних випадків в клініко-діагностичних групах: 9,7 % у порівняльній та 10,7 % в основній групі свідчило про скорочення діагностичного періоду у постраждалих у важкому та вкрай тяжкому стані шляхом застосування МДКТ з контрастуванням за життями показаннями.

Завдяки використанню візуальних ознак бойових ушкоджень гострого експерименту, розроблених схем, алгоритмів променевої діагностики, виявленню візуальних ознак післяопераційних ускладнень, факторів ризику летальних випадків та зв'язку ускладнень із механізмами смерті при застосуванні променевих методів у постраждалих кількість ускладнень знижено з 41,6 % (95 % ДІ 36,5–46,7) до 24,8 % (95 % ДІ 21,6–28,2), ($p < 0,01$). Показник відношення ризиків склав 0,6 (95 % ДІ 0,50–0,72), що відобразило зниження ризику летального випадку в основній II групі, де створена система етапного лікування постраждалих із бойовою травмою.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі подано експериментальне, теоретичне та практичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми – підвищення ефективності променевої діагностики бойових ушкоджень у постраждалих із бойовою хірургічною травмою шляхом застосування променевих методів медичної візуалізації; експериментального виявлення та клінічного застосування кількісних, якісних медико-візуальних параметрів та візуально-балістичних променевих ознак бойових ушкоджень, з метою покращення лікування у постраждалих на етапах медичної евакуації.

1. Експериментально встановлено залежність тяжкості, характеру вогнепальних поранень внутрішніх органів біологічних об'єктів від типу високошвидкісних бойових куль, відстані пострілів, наявності засобів індивідуального захисту. При вогнепальному пораненні у відкриті ділянки бойовою кулею калібру 5,45 мм, патрона 7Н10 з відстані 10, 100 метрів спостерігалися вогнепальні рани з наскрізними та переважно сліпими рановими каналами. У заброневих умовах при ураженні бойовою кулею 7,62 мм, Б32 з відстані 300 метрів встановлено закриту бойову травму (голови, внутрішніх органів, вогнепальні переломи кісток). Бронебійна та осколково-направлена дія бойової кулі калібру 12,7 мм підтверджена осколковими ушкодженнями імітаторів. Експериментально обґрунтовано застосування рентгеноконтрастних засобів для діагностики множинних, поєднаних бойових ушкоджень при рентгенологічному дослідженні та мультidetекторній комп'ютерній томографії в режимі сканування всього біологічного об'єкта (*Full Body Scan*).

2. На небіологічних об'єктах експериментально встановлено, що куля 7Н39 калібру 5,45 мм із складу карбїду вольфраму спричиняє мультиосколкову руйнацію у рановому каналі: з відстані 10, 100 метрів – розщеплення каналу, скупчення осколків (щільність 3050–3071 од. НУ; 1400–1600 од. НУ); з відстані 250–300 метрів у рановому каналі візуалізовано множинні пухирці газу, осколки (щільність «сорочка», оболонка 3050–3060 од. НУ), лідируючий осколок, серцевина кулі (щільність 3071 од. НУ).

3. У гострому експерименті виявлено основні візуально-балістичні ознаки бойових ушкоджень: пневмоцефалію (-953 ± 30 од. НУ), гематому мозку ($+76,6 \pm 5,5$ од. НУ), субарахноїдальний крововилив ($+55,5 \pm 8,0$ од. НУ), гемосинус ($+50,2 \pm 19$ од. НУ), гематому орбіти ($+65,5 \pm 15$ од. НУ), пневмомедіастинум (-973 ± 20 од. НУ), гематому камер серця ($+70,3 \pm 4,3$ од. НУ), пневмоторакс ($-880 \pm 15,0$ од. НУ), гемоторакс ($+46,7 \pm 17,6$ од. НУ), забій легень (-110 ± 12 од. НУ), пневмоперитонеум ($-943 \pm 33,3$ од. НУ), гемоперитонеум ($+54,0 \pm 12,4$ од. НУ), забій печінки ($+25,2 \pm 8,2$ од. НУ), сторонні тіла вогнепального походження (куля, сердечник, щільність 3071 од. НУ, осколки оболонки, щільність 3046–3067 од. НУ), сторонні тіла невогнепального походження (кісткові уламки, щільність 1090 ± 20 од. НУ). Показник еластичності ранових каналів у 20 % желатині був (39 ± 11) кПа, осколків (210 ± 35) кПа. Розраховано балістичну волюмометрію ранових каналів балістичних блоків; встановлено, що найбільший об'єм каналу був при більшій його глибині. На блоках та біологічному імітаторі визначено прогностичний індекс у відсотках із пороговим значенням 40 %.

4. Багатофакторний аналіз показав статистично значиме переважання в основній II групі вибухових поранень у 26,0 %, вибухової травми у 36,9 %, поєднаної у 58,3 % та ізольованої травми у 30,2 % випадків над I групою (16,1 % та 22,4 % відповідно). Ступінь тяжкості травми, важкості стану у постраждалих основної групи із вибуховими пораненнями був вищим, ніж у порівняльній. У основній групі встановлено зв'язок ризику летального випадку з бойовою травмою, що пов'язано з повномасштабною війною та застосуванням високоенергетичної зброї.

5. Встановлено, що чим вища тяжкість травми та важчий стан, тим у середньому проведено більше операцій та променевих досліджень. Середня тривалість перебування у стаціонарі в постраждалих порівняльної групи переважала над основною групою (13 та 9 діб відповідно). Проте важкий та вкрай тяжкий стан постраждалих основної групи не вплинули на дане явище. Визначено, що кількість хірургічних операцій, інвазивних маніпуляцій

> 5 (чутливість тесту 56,2 % (95 % ДІ 46,2 %–65,9 %), специфічність 63,2 % (95 % ДІ 59,9 %–66,3 %) збільшило ризик летального випадку.

6. Встановлено, що ступінь тяжкості травми, важкості стану у постраждалих із індексом маси тіла < 18,5 кг/м², недовагою був вищий, ніж у постраждалих із нормальною вагою (18,5–24,9 кг/м²), а важкість стану зростала із збільшенням рівня креатиніну крові, що дозволило застосовувати мультidetекторну комп'ютерну томографію із контрастуванням *Full Body Scan* за життєвими показаннями.

7. Розроблено спосіб візуально-балістичної оцінки для об'єктивізації тяжкості травми, важкості стану, встановлені бали візуальних ознак бойових ушкоджень. Доведено функціональний зв'язок медико-візуальної шкали із клінічною оцінкою. Показано, що при прогнозуванні ризику тяжкості травми та важкості стану постраждалого за медико-візуальною шкалою (критичне значення 32 бали) чутливість тесту складала 95,8 % (95 % ДІ 88,3 %–99,1 %), специфічність 57,7 % (95 % ДІ 54,3 %–61,1 %). Доведено, що медико-візуальна шкала більше адаптована до шкали ISS, де враховуються анатомічні полісистемні, поліструктурні ушкодження, за кривою операційних характеристик із специфічністю 57,7 % (95 % ДІ 54,3 %–61,1 %), збільшила точність прогнозування ризику тяжкості травми, важкості стану.

8. У післяопераційних постраждалих на основі виявлення візуальних ознак бойових ушкоджень встановлено значимий зв'язок механізмів смерті з ускладненнями: набряком, набуханням головного мозку (g) з церебральними ускладненнями (набряк головного мозку, гостре порушення мозкового кровообігу, менінгіт, менінгоенцефаліт); нирковою недостатністю (n) із інфекційними ускладненнями (перитоніт, сепсис, газова гангрена), гострим пошкодженням нирок, фантомними болями кукси кінцівок; дихальна, серцево-судинна, серцево-легенева (a) та поліорганна неадекватність (p) із інфекційними, неінфекційними ускладненнями, пневмонією, церебральними, гемостазіологічними ускладненнями, гострим пошкодженням нирок, післяреанімаційною хворобою, пролежнями, кахексією, а також акубаротравма та пухлини у механізмі серцево-легеневої недостатності.

9. На підставі експериментальної балістичної волюмометрії визначено та клінічно доведено, що якщо прогностичний індекс $\leq 40\%$, тоді можна з ймовірністю більше 80% прогнозувати позитивний результат хірургічного лікування, і тільки при пораненнях голови, за тих самих умов, можливий летальний результат. Ризик летального випадку у постраждалих із домінуючим ушкодженням голови був вищим, ніж при домінуючому ушкодженні кінцівок.

10. Розроблено методику візуалізації маркерів бойового ушкодження (рідини та газу) в порожнинах тіла при кардіальному, торакальному та абдомінальному доступах. Визначено коефіцієнт (показник) потреби в невідкладних променевих методах, безпечної варіації променевої діагностики бойового ушкодження: три УЗД, одна рентгенографія, одна або (0) мультidetекторна комп'ютерна томографія. Показане статистично значиме переважання застосування УЗД ($76,5 \pm 3,1\%$) на всіх рівнях медичного забезпечення та найбільше застосування мультidetекторної комп'ютерної томографії ($73,0 \pm 3,7\%$) на IV рівні.

11. Вивчені та оцінені візуальні ознаки бойових ушкоджень, що отримані рентгенологічним чи ультразвуковим методом, дозволили дати візуальний прогноз ускладнень у післяопераційному періоді, який розглядався індивідуально на створених анатомічних моделях. Встановлено клінічну значимість соноеластометрії для диференційної діагностики порожнинних випотів: $0-10$ кПа – трансудат, $12-20$ кПа – ексудат; $22-28$ кПа – кров; > 30 кПа – суміш гною, жовчі, фібрину, інших рідин; при застосуванні доплерографії: зниження швидкості кровотоку по хребетних артеріях у постраждалих із акубаротравмою (медіана $23,6$ см/с по правій хребетній артерії та $27,5$ см/с по лівій хребетній артерії) та у $42,9\%$ випадків потовщення комплексу-інтима медіа $1,1-1,5$ мм у постраждалих із бойовими ушкодженнями голови.

12. При застосуванні у сучасній війні бронебійної уніфікації патронів та боєприпасів доведена ефективність послідовного сканування *Full Body Scan* у постраждалих із вибуховим пораненням та вибуховою травмою, у різні фази контрастування: в артеріальну фазу сканування – ангіографія судин шиї, кінцівок; в артеріальну та венозну фази – дослідження органів грудної клітки,

черевної порожнини, таза; у венозну фазу – органи грудної клітки, черевної порожнини, таза; в екскреторну фазу – органи заочеревинного простору, таза та всі органи і системи безконтрастно, а безпосередньо нативно – мультидетекторна комп'ютерна томографія головного мозку. У важких та вкрай тяжких постраждалих у післяопераційному періоді виявляли КТ-ознаки полісинуситу (щільність $29,4 \pm 11,3$ од. НУ), полісерозиту (щільність 0–12 од. НУ) та діагностували поліорганну недостатність.

13. Доведена висока ефективність УЗД візуалізації перикардіального, плеврального, черевного, заочеревинного, тазового випотів (чутливість 92,4 %, специфічність 87,3 %, +PV 86,3 %, –PV 56,5 %), а інформативність рентгенографії візуалізації контрастної речовини при фістулографії відповідала чутливості 53,0 %, специфічності 96,2 %, +PV 82,9 %, –PV 66,7 %. Не виявлено відмінності інформативності методів УЗД та рентгенографії для візуалізації газу в черевній та плевральній порожнині, що дозволило визнати спорідненість УЗД та рентгенографії і застосовувати як взаємозамінні методи у разі дефіциту часу та перевантаження ресурсів або відсутності медико-технічного оснащення рівня медичного забезпечення.

14. Завдяки використанню візуальних ознак бойових ушкоджень гострого експерименту, розроблених схем, алгоритмів променевої діагностики, виявленню візуальних ознак післяопераційних ускладнень, факторів ризику летальних випадків та зв'язку ускладнень із механізмами смерті – при застосуванні променевих методів у постраждалих частоту ускладнень знижено з 41,6 % (95 % ДІ 36,5–46,7) до 24,8 % (95 % ДІ 21,6–28,2), ($p < 0,01$). Показник відношення ризиків склав 0,6 (95 % ДІ 0,50–0,72), що відобразило зниження ризику летального випадку в основній групі, де створена система етапного лікування постраждалих із бойовою травмою. Доведено ефективну та безпечну варіацію медичної візуалізації та контролю 3 або (4) ультразвукових досліджень: 2 рентгенографії (1,6 мЗв): 1 мультидетекторна комп'ютерна томографія (16 мЗв).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі результатів проведеного дослідження ми пропонуємо наступні практичні рекомендації:

1. Ультразвукову візуалізацію маркерів бойових ушкоджень (рідини, газу) у постраждалих проводять з перикардіальних, торакальних, абдомінальних доступів. Для одномоментної візуалізації діафрагми, рідини в черевній, плевральних порожнинах локацію проводять по аксилярних лініях у VII–VIII міжреберних проміжках та по середньоключичній лінії, а для візуалізації порожнинних випотів застосовують торакальні, абдомінальні, тазові доступи, осі орієнтують відносно горизонтального положення тіла з нахилами датчика. Локацію малого пневмотораксу проводять з передньої грудної стінки, великого пневмотораксу – по аксилярній лінії.

2. Для верифікації пошкодження бронепластики бронезилета застосовують рентгенологічну діагностику.

3. Для візуалізації маркерів бойових ушкоджень (газу, рідини), осколків, перелому кісток, затікання контрастної речовини в порожнини тіла у разі технічних та часових обмежень, або перенавантаження ресурсів, заміняють рентгенологічний на ультразвуковий метод медичної візуалізації та навпаки.

4. Балістичну та небалістичну волнометрію на мультidetекторній комп'ютерній томографії для визначення прогностичного індексу розпочинають із об'ємного вимірювання передньо-заднього, краніо-каудального та сагітального розмірів у прийнятних площинах сканування анатомо-функціональної зони бойових ушкоджень (голова, печінка, легені, інші анатомічні структури), ранового каналу або ділянок бойового ушкодження та їх дольового співвідношення; при значенні індексу $j (\%) \leq 40 \%$ прогноз вважається сприятливим, якщо більше – несприятливим.

5. Для диференційної діагностики порожнинних випотів застосовують соноеластометрію. Отримуючи якісне зображення випоту у сірошкальному режимі, визначають ехоцильність, яка має наступні значення: 0–10 кПа –

транссудат, 12–20 кПа – ексудат, 22–28 кПа – рідинний вміст із кров'ю, > 30 кПа – рідинний вміст із гноєм, жовцю або іншими біологічними домішками.

6. Для диференційної та експертної променевої діагностики бойових ушкоджень тіла, ускладнень застосовують показники рентгенівської щільності патологічних змінених тканин, сторонніх тіл вогнепального та невогнепального походження та порожнинних випотів із результатів мультидетекторної комп'ютерної томографії у нативному режимі або при контрастуванні. У постраждалих із бойовою хірургічною травмою, отримуючи від'ємні значення щільності легеневої паренхіми, судять про свіжі вогнища бойових ушкоджень, наявність газу в порожнинах тіла, а візуалізація гіподенсного порожнинного випоту, ділянок патологічних змін органів щільністю 50–70 од. НУ відповідає вмісту крові. Томографічні візуальні ознаки полісинуситу (сфеноїдиту, етмоїдиту, інших придаткових пазух, щільність 15–24 од. НУ) та полісерозиту (порожнинні випоти, щільність 0–12 од. НУ) діагностують у післяопераційних постраждалих поліорганну недостатність.

7. До клінічної оцінки, з метою об'єктивізації тяжкості травми, важкості стану постраждалого, в порядку зростання додавати візуально-балістичні бали для прогнозу виживання у сучасній війні (+2 бали: сторонні тіла невогнепального походження (кісткові уламки, сторонні тіла медичного призначення); +5 балів: сторонні тіла вогнепального походження (кулі, фрагменти боєприпасів, осколки, обшивки снарядів); +5: балів (позитивний результат FAST або EFAST-протоколів); +10 балів: (пневмо/гідроторакс, пневмо/гідроперитонеум, гідроперикард, пневмоцефалія, забій мозку, внутрішньомозкові оболонкові гематоми, субарахноїдальний крововилив, гематоми внутрішніх органів, емфізема тканин, пневмомедіастинум, газ ранового каналу, переломи різної локалізації); +11 балів: «травматична ампутація кінцівки», «травматична ампутація органа», візуальні ознаки «ушкодження магістрального нервово-судинного пучка», «ушкодження ока», «ушкодження спинного мозку»).

8. Для контрастного підсилення мультидетекторної комп'ютерної томографії використовують автоматичний двоколбовий інжектор, рентгеноконтрастний препарат в кількості до 100 мл вводять через внутрішньовенний катетер діаметром не менше 20 G, 350 мг/мл в об'ємі 100 мл зі швидкістю введення 3–4 (3,6) мл/с. Дозування залежить від типу обстеження, віку, маси тіла, серцевої функції, функції нирок, важкості стану постраждалого. Затримка сканування складає в середньому 25 с для артеріальної фази, 45 с – для венозної, 180 с – для паренхіматозної. Після введення контрастного препарату для сканування включають програму сканування зони: краніальну, Thorax, Abdomen, Pelvis, кінцівки, решітку розтягують на все тіло (*Full Body Scan*).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдуллаєв Р. Я., Цимбалюк В. І., Марченко В. Г., Бубнов Р. В. Ультрасонографія периферичних нервів і спинного мозку. Харків : Факт, 2016. 172 с.
2. Абдуллаєв Р. Я. Эхография. Инфекционные заболевания. Харьков : Факт, 2021. 196 с.
3. Абдуллаєв Р. Я., Гречаник Е. И., Слесаренко Д. А. и др. Ультразвуковая диагностика повреждений сосудов шеи при боевой травме. Азербайджан. мед. журн. 2021. № 2. С. 11–17.
4. Авчинников Є. О. Класифікація електромагнітної зброї. Системи озброєння і військова техніка. 2014. № 1. С. 93–101.
5. Артамонова Н. О. Інженер Ю. П. Тесленко-Приходько і розвиток рентгенології України. Укр. радіол. журн. 2015. Т. 23, вип. 4. С. 75–80.
6. Атлас бойової хірургічної травми (досвід антитерористичної операції/операції об'єднаних сил) / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. – Харків : Колегіум, 2021. – 385 с.
7. Бадюк М. І. та ін. Військово-медична підготовка : підруч. для студентів вищ. мед. (фармацевт.) навч. закл. України I–IV рівнів акредитації / ред. Бадюка М. І.; Укр. військ.-мед. акад. МО України. 2-ге вид., доп. Київ : МП Леся, 2016. 481 с.
8. Бадюк М. І., Степаненко А. В., Козачок В. Ю. та ін. Фахова підготовка санітарного інструктора роти (батареї). Стандарт підготовки. Київ : КНТ, 2022. 328 с.
9. Бадюк М. І., Ярош Т. В., Семенів І. П. та ін. Методологія наукових досліджень : метод. рекомендації до виконання індивідуальних завдань з навчальної дисципліни. Київ : СПД Чалчинська Н. В., 2018. 88 с.
10. Белый В. Я., Заруцкий Я. Л., Асланян С. А. Очерки хирургии боевой травмы живота. Киев : Издательство Людмила, 2021. 304 с.
11. Белый В. Я., Заруцкий Я. Л., Жовтоножко А. И., Асланян С. А. Очерки хирургии боевой травмы живота. Киев : МП Леся, 2016. 212 с.

12. Белозьорова О. В., Гульпа В. С. Аналіз медикаментозного забезпечення військовослужбовців на етапі надання кваліфікованої медичної допомоги в районі проведення антитерористичної операції. Військова медицина України. 2016, № 4. С. 67–73.

13. Бібік Т. А., Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я. Аналіз недоліків у наданні медичної допомоги військовослужбовцям у Національному військово-медичному клінічному центрі «Головний військовий клінічний госпіталь». Міжнар. мед. журн. 2020. Т. 26, № 2. С. 77–80. <https://doi.org/10.37436/2308-5274-2020-2-15>.

14. Біленко О. І. Обґрунтування раціональних значень технічних характеристик кінетичної зброї не смертельної дії для сил безпеки : зб. наук. праць Національної академії Національної гвардії України. 2015. Вип. 2. С. 5–9. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znprav_2015_2_3.

15. Білий В. Я. та ін. Реалізація правил «платинової хвилини» та «золотої години» в сучасній системі лікувально-евакуаційних заходів : зб. наук. праць НАМН України «Медичне забезпечення антитерористичної операції: науково-організаційні та медико-соціальні аспекти». Київ, 2016. С. 77–88.

16. Білий В. Я., Абдуллаєв Р. Я., Цвігун Г. В. та ін. Нариси променевої діагностики гострих захворювань та бойової травми живота : монографія. Харків : Факт, 2023. 282 с.

17. Білий В. Я., Жаховський В. О., Заруцький Я. Л. та ін. Еволюція системи медичного забезпечення військ під час бойових дій : монографія. Київ : Видавництво Людмила, 2021. 348 с.

18. Бойко В. В., Прасол В. О., Роговський В. М., Іванова Ю. В. Ушкодження магістральних судин. Харків : Промінь, 2020. 215 с.

19. Бойчак М. П. История Киевского военного госпиталя. Кн. 5 : Диагностические и вспомогательные подразделения. Госпитальные храмы. Подготовка кадров. Киев : Пресса Украины, 2009. 557 с.

20. Бойчак М. П. Как сделать лечебное учреждение успешным. Вопросы медицинского маркетинга : учеб. пособие. Киев : Кафедра, 2013. 752 с.

21. Борзих Н. О. Хірургічне лікування поранених з поліструктурними вогнепальними травмами верхньої кінцівки та їх наслідками: (клініко-експериментальне дослідження) : дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.21. Київ, 2018. 341 с.
22. Бубнов Р. В. Моделирование регионарной анестезии под ультразвуковым контролем с помощью интегрированного применения трехмерных технологий и фантомов. *Международ. мед. журн.* 2011. № 2. С. 98–104.
23. Варенюк І. М., Держинський М. Е. Методи цито-гістологічної діагностики : навч. посібник. Київ, 2019. 256 с.
24. Верба А. В., Остащенко Т. М., Пліс І. Б. та ін. Досвід використання зведених медичних загонів у складі передової госпітальної бази в умовах збройного конфлікту високої інтенсивності. *Укр. журн. військової мед.* 2023. Т. 4, № 1. С. 13–20.
25. Вказівки з воєнно-польової хірургії / ред. Я. Л. Заруцький, А. А. Шудрак. Київ : СПД Чалчинська Н. В., 2014. 396 с.
26. Вогнепальні поранення м'яких тканин (Досвід антитерористичної операції/операції об'єднаних сил) / ред. В. І. Цимбалюк. Харків : Колегіум, 2020. 400 с.
27. Воєнно-польова хірургія : підручник, 2-ге доп. вид. / ред. Я. Л. Заруцький, В. М. Запорожан. Київ : Фенікс, 2023. 495 с.
28. Воєнно-польова хірургія : практ. і навч. посіб. для військ. лікарів та лікарів системи охорони здоров'я України / ред. Я. Л. Заруцький, В. Я. Білий; МО України, МОЗ України. Київ : Фенікс, 2018. 544 с.
29. ВСТ 01.305.003-2019 (01). Медичне забезпечення. Класифікація бойових уражень, небойових травм та захворювань у Збройних Силах України. Міністерство оборони України. Чинний від 2020.01.01. Київ, 2019. 15 с. URL: <https://www.ukrmilitary.com/p/military-library.htm>.
30. Гарматіна О. Ю., Мороз В. В., Красільников Р. Г., Гречаник О. І. Застосування променевої діагностики в оцінці ефективності екстраінтракраніального мікроанастомозу при лікуванні стенотично-оклюзивної

патології брахіоцефальних артерій. Міжнар. мед. журн. 2018. Т. 24, № 3. С. 60–64.

31. Герасименко О. С. Клініко-організаційні принципи надання хірургічної допомоги та спеціалізоване лікування поранених з бойовою травмою живота в умовах АТО : дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.03. Київ, 2021. 472 с.

32. Гречаник О. І. Медична візуалізація порожнинних випотів у постраждалих з бойовою травмою грудної клітки, живота, таза. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць. Київ, 2023. Вип. 30, ч. 1. С. 49–64.

33. Гречаник О. І. Променева діагностика бойових ушкоджень та ускладнень живота. Досягнення військово-польової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій : матеріали XVI з'їзду військових хірургів та анестезіологів України (м. Київ, 21–22 жовт. 2022 р.). Укр. журн. військової мед. 2022. Т. 3, додаток 2.

34. Гречаник О. І. Променева діагностика бойової травми живота, таза і промежини та їх ускладнень. V ювілейний з'їзд колопроктологів України за міжнар. участю : матеріали. Київ, 20–22 жовт. 2022 року. Київ, 2022. С. 25–26.

35. Гречаник О. І. Удосконалення організації надання медичної допомоги за даними аналізу дефектів догоспітального періоду. Наукова конференція молодих вчених УВМА (м. Київ, 25–27 трав. 2020 р.). Київ, 2020. С. 45–47.

36. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я. Медико-візуальні та статистичні паралелі факторів ризику летальних випадків у постраждалих із бойовою травмою. Організація медичного забезпечення Збройних Сил, управління охороною здоров'я : наук.-практ. конф. від ГО «Українська академія хірургів». Київ, 27 жовтня 2023 р. Київ, 2023. С. 45–47.

37. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Дикан І. М. та ін. Медична візуалізація сторонніх тіл у постраждалих з бойовими ушкодженнями живота. Досягнення військово-польової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій : матеріали XVI з'їзду військових хірургів та анестезіологів України (м. Київ, 21–22 жовт. 2022 р.). Укр. журн. військової мед. 2022. Т. 3, додаток 2. С. 25–27.

38. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Дикан І. М. та ін. Медичні та статистичні аспекти променевої діагностики сучасної бойової травми в умовах гібридної війни на Сході України. Міжнар. мед. журн. 2021. Т. 27, № 2 (106). С. 79–88.

39. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Лурін І. А. та ін. Сучасні аспекти діагностики вогнепальних поранень живота. Досвід гібридної війни на сході України. Клін. хірургія. 2021. № 88 (5–6). С. 42–52.

40. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Р., Ніконов В. В. та ін. Променева діагностика пневмотораксу при бойовій травмі. Медицина невідкладних станів. 2024. Т. 20, № 3. С. 76–83. doi: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.20.3.2024.1693>.

41. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Романюк Ю. А. та ін. Можливості комплексної ультразвукової діагностики вогнепальних поранень кінцівок. Міжнар. мед. журн. 2016. Т. 22, № 3 (87). С. 88–92.

42. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Світличний Е. В. та ін. Можливості ультразвукової діагностики бойової хірургічної травми. Вісник морської мед. 2016. № 2 (71). С. 121–122.

43. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Світличний Е. В., Бубнов Р. В. Ультразвукова діагностика бойової хірургічної травми. V Конгрес Української асоціації фахівців ультразвукової діагностики : тези доп. (м. Київ, 18–20 трав. 2016 р.), Київ : ВБО «Український Допплерівський Клуб», 2016. С. 74–75.

44. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Світличний Е. В., Бубнов Р. В. Поранення судин та органів шії. Сучасні аспекти теоретичних та практичних питань : матеріали 24 Засідання УДК Цереброангіологія. Київ, 21–22 жовт. 2017 р. Київ, 2017. С. 3–5.

45. Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я., Хоменко І. П. та ін. Ультразвукова та рентгенологічна діагностика бойової торакальної і торакоабдомінальної травми. Актуальні питання ультразвукової діагностики : тези наук.-практ. конф. з міжнар. участю Української асоціації фахівців ультразвукової діагностики (УАФУД) та школа-семінар (с. Сергіївка Одеської обл., 8 черв. 2017 р.) Радіол. вісник. 2017. № 3–4 (64–65). С. 49–50.

46. Гречаник О. І., Герасименко О. С., Абдуллаєв Р. Я. та ін. Клініко-діагностичні аспекти вогнепальних поранень порожнистих органів живота (досвід АТО/ООС). Харків. хірургічна школа. 2021. № 5–6 (110–111). С. 71–81.

47. Гречаник О. І., Гур'янов Р. Г., Абдуллаєв Р. Я., Слесаренко Д. О., Голуб В. А. Багатоаспектний аналіз у постраждалих із бойовою травмою у сучасній війні. Повідомлення 1. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць. Київ, 2023. Вип. 30, ч. 2. С. 51–64.

48. Гречаник О. І., Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я. та ін. Атлас променевої діагностики бойової травми живота : атлас. Харків : Факт, 2023. 212 с.

49. Гречаник О. І., Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Ніцак Н. В. Медична візуалізація сторонніх тіл при бойових ушкодженнях живота (діагностичні та експериментальні паралелі). V ювілейний з'їзд колопроктологів України за міжнар. участю : матеріали. Київ, 20–22 жовтня 2022 року. Київ, 2022.

50. Гречаник О. І., Дикан І. М., Абдуллаєв Р. Я., Цвігун Г. В. Медична візуалізація бойової травми у сучасній війні. Радіологія в Україні 2023 : тези 9-го Націон. конгресу з міжнар. участю. Асоціація радіологів України (м. Київ, 19–21 жовт. 2023 р.). Київ, 2023. С. 2–3.

51. Гречаник О. І., Касьян О. В., Цибенко Л. Д. Роль ультразвукової ангіографії портальної системи у інфекційних хворих. Досягнення медичної науки як чинник стабільності розвитку медичної практики : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпропетровськ, 19–20 квіт. 2013 р.). Дніпропетровськ, 2013. С. 43–45.

52. Гречаник О. І., Колосова І. В., Касьян О. В. та ін. Актуальні питання ультразвукової діагностики при мінно-вибухових пораненнях. Сучасні аспекти військової медицини : зб. наук. праць Головного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України. Київ, 2015. Вип. 22, ч. 1. С. 299–308.

53. Гречаник О. І., Колосова І. В., Касьян О. В., Гетьманська В. Г. Ультразвукова діагностика поранення судин : зб. тез наук. робіт учасників міжнар. наук.-практ. конф. 25–26 грудня 2015 року. Львів : ГО «Львівська медична спільнота», 2015. С. 32–33.

54. Гречаник О. І., Красільников Р. Г., Кот З. М. Деякі питання променевої діагностики бойової травми на прикладі медичного забезпечення АТО. Сучасні тенденції розвитку медичної науки та медичної практики : зб. тез наук. робіт учасників міжнар. наук.-практ. конф. 25–26 грудня 2015 року. Львів : ГО «Львівська медична спільнота», 2015. С. 27–29.

55. Гречаник О. І., Панченко В. І., Стеценко Є. В., Ревуцький А. А., Колодюк О. О. Експериментальне обґрунтування рентгенконтрастних досліджень в діагностиці бойових ушкоджень живота. Досягнення воєннопольової хірургії та анестезіології в умовах бойових дій : матеріали XVI з'їзду військових хірургів та анестезіологів України (м. Київ, 21–22 жовт. 2022 р.). Укр. журн. військової мед. 2022. Т. 3, додаток 2. С. 28–29.

56. Гречаник О. І., Світличний Е. В., Абдуллаєв Р. Я. Ультразвукова діагностика пошкодження грудей. Сучасні погляди на актуальні питання теоретичної, експериментальної та практичної медицини : матер. міжнар. наук.-практ. конф. 18–19 грудня 2015 року. Одеса : ГО «Південна фундація медицини», 2015. С. 36–41.

57. Гречанык Е. И. Повреждения периферических нервов при огнестрельных ранениях. Ультрасонография периферических нервов и спинного мозга : учебник / Р. Я. Абдуллаев, В. И. Цымбалюк, В. Г. Марченко, Р. В. Бубнов. Харьков : Факт, 2016. Гл. 8. С. 114–124.

58. Гречанык Е. И., Абдуллаев Р. Я., Бубнов Р. В. Ультразвуковая диагностика поврежденных периферических нервов при боевой травме. Міжнар. мед. журн. 2016. Т. 22, № 2 (86). С. 96–100.

59. Грицай А. А., Лысых Н. Н., Азаб Хусейн Ахмед и др. Возможности лучевых методов диагностики при инородных телах глазницы. Укр. мед. альманах. 2012. № 3. С. 63–64.

60. Гур'єв С. О., Кравцов Д. І., Казачков В. Є., Ордатій А. В. Мінно-вибухова травма внаслідок сучасних бойових дій на прикладі антитерористичної операції на Сході України. Повідомлення 1. Клініко-епідеміологічна характеристика постраждалих із мінно-вибуховою травмою на ранньому

госпітальному етапі надання медичної допомоги. Травма. 2015. Т. 16, № 6. С. 5–8.

61. Гур'єв С. О., Кравцов Д. І., Ордатій А. В. Стандартизована оцінка тяжкості вогнепальних та мінно-вибухових пошкоджень, що виникли внаслідок сучасних бойових дій. Проблеми військової охорони здоров'я : зб. наук. праць УВМА. Київ, 2016. Вип. 46. С. 62–67.

62. Гур'єв С. О., Кравцов Д. І., Тітова Ю. П. Клініко-патоморфологічна характеристика сучасних пошкоджень. Травма. 2017. Т. 18, № 5. С. 50–53.

63. Гайда Р., Пляцко Р. Іван Пулюй. Життя і творчість : монографія / вид. друге, уточ. й допов. Серія Українознавча наукова бібліотека НТШ заснована 1991 р. Число 50. Львів : Дослідно-видавничий центр Наукового товариства ім. Шевченка, 2019. 220 с.

64. Данчин А. О., Поліщук М. Є., Казмірчук А. П. та ін. Вогнепальні поранення м'яких тканин склепіння черепа : навч. посіб. Київ : Лазурит-Поліграф, 2017.

115 с. <https://library.gov.ua/emed/medytsyna-voiennoho-i-povoiennoho-chasu/vohnepalni-poranennia-miakykh-tkanyn-sklepinnia-cherera-2>.

65. Данчин А.О., Данчин Г.О., Казмірчук А. П. та ін. Принципи організації та алгоритми надання спеціалізованої нейрохірургічної допомоги при вогнепальних черепно-мозкових пораненнях в сучасній війні : метод. вказівки / ред. В. І. Цимбалюк, Є. Г. Педаченко, О. Г. Данчин. Київ : Саміт-книга, 2022. 128 с.

66. Девко В. Ф., Дьомін В. Т., Коваленко Ю. М. та ін. Обґрунтування необхідності створення Національної програми розвитку променевої діагностики в Україні / ред. Я. С. Бабій. Київ : Медицина України, 1999. 56 с.

67. Дзяк Л. А., Сальков М. М., Зорін М. О., Тітов Г. І. Актуальні питання організації надання медичної допомоги, діагностики та лікування бойової хребетної та хребетно-спинномозкової травми. Укр. нейрохірург. журн. 2015. № 1. С. 30–34.

68. Дикан І. М., Коваленко Ю. М., Медведєв В. Є., Мірошніченко С. І. Основні шляхи зниження медичного опромінення населення при проведенні рентгенодіагностичних досліджень. Екологічний вісник (спец. вип.) : Антропогенно-змінене середовище України: ризики для здоров'я населення та екологічних систем. Київ, 2003. С. 331–333.

69. Дикан І. М., Хоменко І. П., Гречаник О. І. Променева візуалізація ранового каналу. Актуальні питання надання хірургічної допомоги та анестезіологічного забезпечення в умовах воєнного і мирного часу : Всеукраїн. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (Одеса, 21–22 вересня 2017 р.). Одеса, 2017.

70. Дикан І. М., Хоменко І. П., Гречаник О. І., Колесник С. В. Досвід променевої візуалізації ранового каналу. Проблеми військової охорони здоров'я : зб. наук. праць УВМА. Київ, 2017. Вип. 47. С. 120–132.

71. Дідух В. Д., Рудяк Ю. А., Багрій-Заяць О. А., Наумова Л. В. Методи візуалізації у медичних і біологічних дослідженнях. Вісник мед. і біол. досліджень. 2020. № 1. С. 62–66.

72. Доктрина «Медичні сили Збройних Сил України»: затв. Головнокомандувачем Збройних Сил України від 13.11.2020 р. Офіц. вид. МО України, 2020. С. 13.

73. Доктрина медичного забезпечення Сил оборони : затв. Головнокомандувачем Збройних Сил України від 11.11.2021 р. № 3007/НВГШ. Офіц. вид. МО України, 2021.

74. Екстрена медична допомога військовослужбовцям на догоспітальному етапі в умовах збройних конфліктів : навч. посіб. / ред. М. І. Бадюк. Київ : СПД Чалчинська Н. В., 2018. 203 с.

75. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей. Страсбург, 18 березня 1986 року : зб. договорів Ради Європи. Київ : Парламентське видавництво, 2000.

76. Загальна хірургія : підруч. для студ. вищих навч. закладів / ред. Я. С. Березницький та ін. Вінниця : Нова Книга, 2018. 344 с.

77. Заруцький Я. Л. Анатомо-функціональна шкала оцінки тяжкості травми у поранених з торакоабдомінальними ушкодженнями в умовах проведення Операції об'єднаних сил. Клін. хірургія. 2020. Т. 87, № 1/2. С. 3–7.

78. Заруцький Я. Л., Гончарук В. С., Ткаченко А. Є. та ін. Особливості діагностики торакоабдомінальних поранень на другому рівні медичного забезпечення в умовах проведення операції об'єднаних сил на Сході України. Хірургія України. 2019. № 4 (72). С. 7–10.

79. Заруцький Я. Л., Запорожан В. М., Білий В. Я. та ін. Воєнно-польова хірургія : підруч. для студ. лікарів-інтернів і лікарів-слухачів закл. (ф-тів) післядиплом. освіти / ред.: Я. Л. Заруцький, В. М. Запорожан; Укр. військ.-мед. акад., Одес. націон. мед. ун-т. Одеса : ОНМедУ, 2016. 415 с.

80. Зубов А. Д., Вилсон Дж. И. Посттравматические абсцессы печени: ультразвуковая диагностика и мини-инвазивное эхоконтролируемое лечение. Травма. 2014. Т. 15, № 3. С. 89–93.

81. Каніковський О. Є., Осадчий А. В., Мосьондз В. В., Коцюра О. А. Можливості ультрасонографічного визначення поширення гнійно-некротичного ураження аноректальної та уrogenітальної ділянок при гострому парапроктиті, ускладненому сепсисом. Мед. перспективи. 20158. Т. 23, № 4, ч. 1. С. 75–78.

82. Керівництво з медичної евакуації у Збройних Силах України: затв. наказом Генерального штабу ЗС України від 09.07.2018 р. № 258 Офіц. вид. МО України, 2018. 60 с.

83. Коваль Г. Ю. Клиническая рентгенанатомия с основами КТ-анатомии / ред. Г. Ю. Коваль. Киев : Медицина Украины, 2014. 652 с.

84. Комбінований балістичний імітатор кінцівки : пат. 132576 Україна: G09D 23/28. № u 201812798; заявл. 22.12.2018; опубл. 25.02.2019. Бюл. № 4.

85. Корнійчук С. П., Турінський О. В., Певцов Г. В. та ін. Сучасне озброєння та військова техніка збройних сил Російської Федерації. Довідник учасника ООС / ред. С. П. Корнійчук. Харків : ДІСА ПЛЮС, 2020. 1219 с.

86. Кравчук С. Ю. Радіологія : підручник. Київ : ВСВ «Медицина», 2019. 294 с.

87. Куликова Ф. И., Гречанык Е. И., Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Лучевая диагностика боевой хирургической травмы (Лекция I. Обзорная тактика применения лучевых методов диагностики боевой хирургической травмы). Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. 27–28.

88. Куликова Ф. И., Гречанык Е. И., Стриженый В. Г., Куликов С. Б. Особенности проведения неотложного рентгенологического исследования при боевой травме (лекция 2). Актуальные вопросы анестезиологии и интенсивной терапии : сб. матер. конф. Бердянск, 2018. Вып. 16. С. С. 29–30.

89. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Киев : Морион, 2001. 408 с.

90. Лисун Д. М. Пошкодження кінцівок внаслідок сучасних бойових дій: клініко-епідеміологічний аналіз : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.21. Київ, 2019. 154 с.

91. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями грудей : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Тернопіль : ТНМУ, 2023. 235 с.

92. Лікування поранених з бойовими ушкодженнями живота (за досвідом АТО/ООС) : монографія / заг. ред. В. І. Цимбалюка. Херсон : Олді+, 2022. 194 с.

93. Лурін І. А. та ін. Медичне забезпечення Збройних Сил України під час антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил на території Луганської та Донецької областей : монографія. Київ : Видавництво Людмила, 2022. Ч. IV. 294 с.

94. Мария Складовская-Кюри. Женщина-миф : серия «Жінка-міф» / ред. С. И. Мозговой. Харьков : Клуб семейного досуга, 2021. 301 с.

95. Медичне забезпечення антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил : наук.-допом. бібліогр. покажчик. Вип. 1. ННМБ України / Т. А. Остапенко (наук. кер. проєкту) ; упоряд. : Л. Є. Корнілова, Л. І. Самчук ; наук. консультант М. П. Бойчак ; авт. вступ. ст. : В. О. Жаховський,

В. Г. Лівінський, М. П. Бойчак. Київ, 2021. 392 с. До 30-річчя незалежності України.

96. Мирошніченко С. И. Цифровые рентгенологические системы : состояние и тенденции развития. Променева діагностика, променева терапія. 2003. С. 19–23.

97. Моделювання вогнепальних поранень / під заг. ред. В. І. Цимбалюка. Харків, 2022. 322 с.

98. Мурадян К. Р. Інтервенційна сонографія в діагностиці та хірургічному лікуванні бойової травми живота : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.03. Київ, 2020. 207 с.

99. Нагалюк Ю. В., Коваль Б. М., Літвінова Н. Ю. та ін. Питання діагностики вогнепальних пошкоджень магістральних судин. Серце і судини. 2015. № 1. С. 101–109.

100. Настанова з медичного забезпечення Збройних Сил України на особливий період: затв. наказом Генерального штабу Збройних Сил України від 10.02.2019 р. № 60. Офіц. вид. МО України, 2019. 138 с.

101. Настанови з воєнно-польової хірургії / за заг. ред. К. В. Гуменюка, С. О. Короля, Р. В. Гибало. Київ : Видавництво Людмила, 2024. 572 с.

102. Національне керівництво для лікарів, які направляють пацієнтів на радіологічні дослідження. Київ : Медицина України, 2016. 78 с.

103. Невідкладна військова хірургія / пер. з англ. Київ : Наш Формат, 2022. 576 с. URL: <https://nashformat.ua/products/ebook-nevidkladna-vijskova-hirurgiya-622262>.

104. Негодуйко В. В. Діагностика та видалення сторонніх тіл м'яких тканин вогнепального походження (експериментально-клінічне дослідження) : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.03. Харків, 2019. 43 с.

105. Носов А. А., Мирошніченко С. И., Коваленко Ю. Н. Цифровые рентгеновские технологии помогают спасать жизнь раненым бойцам. Радіол. вісник. 2014. № 3. С. 9–12.

106. Організація медичного забезпечення військ : підруч. для студ. вищ. мед. закл. освіти України III–IV рівнів акредитації / ред. М. І. Бадюк. Київ : МП Леся, 2014. 492 с.
107. Ордатій А. В. Етапне лікування постраждалих на поєднану мінно-вибухову травму кінцівок : дис. ... канд. мед. наук. Київ, 2018. 189 с.
108. Основні поняття та сучасна класифікація бойової хірургічної травми : метод. рекомендації / ред. Е. М. Хорошун. Харків, 2022. 37 с.
109. Осьодло Г. В. Військово-прикладні аспекти сучасної гастроентерології. Вінниця : ТОА Консоль, 2015. 388 с.
110. Передерій В. Г., Ткач С. М. Основи внутрішньої медицини : підручник. Т. 3. Вінниця : Нова Книга, 2010. 1006 с.
111. Перший Національний конгрес з біоетики. Аптека. 2001. № 37 (308). URL: <https://www.apteka.ua/article/33055>.
112. Повсякденна діяльність військових частин. Ч. III. Військово-адміністративна діяльність : підручник. Київ : НУОУ, 2015. 320 с.
113. Полежаев В. Г. Неотложная рентгенология. Новые медицинские технологии : учеб. пособие для врачей и младших рентгенологов. Киев : Феликс, 2009. 320 с.
114. Положення про військово-лікарську експертизу в Збройних Силах України : затв. наказом Міністерства оборони України від 14.08.2008, № 402. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1109-08#Text>.
115. Принципи і політика медичного забезпечення Сил оборони: затв. Головнокомандувачем Збройних сил України від 16.11.2021 р. № 3050/НВГШ. Офіц. вид. МО України, 2017. 78 с.
116. Принципи і політика медичного забезпечення НАТО (МС 0326/4 від 24.08.2018). Офіц. вид. МО України, 2018. 112 с.
117. Про допуск до експлуатації у Збройних Силах України кабінету рухомого хірургічного та кабінету рухомого рентгенівського на базі автомобіля КРАЗ: затв. наказом Міністерства оборони України від 27.03.2017 року, № 179. Офіц. вид. МО України, 2017. С. 3.

118. Про затвердження адміністративно-територіальних зон відповідальності закладів охорони здоров'я Збройних Сил України за організацію медичного забезпечення: затв. наказом Міністерства оборони України від 18.07.2019 року, № 389. Офіц. вид. МО України, 2019. 7 с.

119. Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України»: затв. наказом МОЗ України від 02.02.2005 р. № 54. Офіц. вісник України. 23.07.2012, №15. 89 с.

120. Про затвердження Класифікатора розподілу травм за ступенем тяжкості: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 4.07.2007 р. № 370. Офіційний вісник України. 2007. №59. 61 с.

121. Про затвердження Комплексної програми розвитку медичної промисловості на 1997–2003 роки: затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 18.12.1996 р. № 1538. Урядовий кур'єр. 21.12. 1996. № 96. С. 12.

122. Про затвердження порядків надання домедичної допомоги особам при невідкладних станах: затв. наказом МОЗ України від 09.03.2022, № 441. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 28.03.2022 р. № 356/37692. Офіц. вид. МО України, 2022. 115 с.

123. Про затвердження Тимчасової інструкції з кодифікації бойових уражень, небойових травм та захворювань у Збройних Силах України: затв. наказом директора Військово-медичного департаменту Міністерства оборони України від 28.12.2016 р. № 37. Офіц. вид. МО України, 2023. 15 с.

124. Про затвердження форм первинної облікової документації та інструкцій щодо їх заповнення, що використовуються у закладах охорони здоров'я незалежно від форми власності та підпорядкування: затв. наказом МОЗ України від 14.02.2012 р. № 110. Офіційний вісник України від 08.06.2012, №341. 80 с.

125. Про удосконалення організації служби променевої діагностики та променевої терапії: затв. наказом МОЗ України від 28.11.1997 р. № 340. Офіційний вісник України. 1997. №51. С. 3.

126. Про утворення Координаційного центру з питань організації діяльності медичних служб сил оборони та органів і закладів охорони здоров'я: затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 11.05.2017 р. № 412. Урядовий кур'єр. 19.02. 2022. № 35. С. 12.

127. Прокопчук М. І. Протоколи рентгенологічних досліджень (зразки) : метод. рекомендації. Львів : ГАЛИЧ-ПРЕС, 2021. 112 с.

128. Прокопчук М. І. Рентгенодіагностика хвороб скелета людини : атлас. Львів : ПП «Видавництво Бона», 2023. 148 с.

129. Прокопчук М. І. Рентгенологічні укладки : атлас. Львів : Видавництво «Трек ЛТД», 2021. 320 с.

130. Променева діагностика : в 2 томах / ред. Г. Ю. Коваль. Київ : Орбіс, 1998. Т. 1. 527 с.

131. Променева діагностика: в 2 томах / ред. Г. Ю. Коваль. Київ : Орбіс, 2002. Т. 2. 640 с.

132. Протоколи ультразвукового дослідження органів та систем / МОЗ України. АМН України. Асоціація радіологів України : метод. рекомендації. Київ, 2005. 71 с.

133. Радіологія. Променева терапія. Променева діагностика : підручник для ВМНЗ IV рівня акредитації / ред. О. В. Ковальський. 2-ге вид. Вінниця : Нова книга, 2017. 512 с.

134. Рейнберг С. А. Рентгендіагностика захворювань кісток і суглобів. 4-е, исправ. и доп. издание. Харків : Медицина, 1964. 530 с.

135. Решетило Б. О., Лотиш В. В., Яковенко О. К. Візуалізація та обробка медичних зображень формату DICOM засобами PYTHON : міжвуз. зб. «Наукові нотатки». Луцьк, 2021. № 72. С. 63–73.

136. Розенфельд Л. Г., Медведєв В. Е., Дыкан И. Н. и др. Организационные основы цифровой рентгенодиагностики в Украине : проблемы и перспективы их решения. Охорона здоров'я України. 2004. № 4. С. 46–49.

137. Розклад хвороб, станів та фізичних вад, що визначають ступінь придатності до військової служби, служби у військовому резерві (Додаток 1 до

Положення про військово-лікарську експертизу в Збройних Силах України (пункт 1.2 глави 1 розділу II) із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства оборони, № 466 від 01.08.2011, № 524 від 12.08.2014, № 318 від 07.07.2015, № 193 від 29.03.2017: затв. наказом Міністерства оборони від 18.08.2023 р., № 490. Офіц. вид. МО України, 2023. С. 15–91.

138. Розробка методики випробувань мобільного цифрового рентгенографічного та короткотермінового рентгеноскопічного комплексів («ЮНА») : звіт про науково-дослідну роботу (заключний). УВМА, 2018. 129 с.

139. Рудик С. К., Криштофорова Б. В., Павловський Ю. О. та ін. Анатомія свійських тварин : підручник / ред. С. К. Рудика. Київ : Аграрна освіта, 2001. 575 с.

140. Світличний Е. В., Герасименко О. С., Мурадян К. Р. Застосування ультразвукової навігації в хірургічному лікуванні вогнепальних ран. Клін. хірургія. 2018. Т. 85, № 2. С. 38–41.

141. Світличний Е. В., Гречаник О. І. Ультразвукова діагностика травми та її ускладнень : навч. посіб. Київ : СПД Чалчинська Н. В., 2016. 216 с.

142. Світличний Е. В., Мурадян К. Р., О Герасименко. С. та ін. Застосування методів ультразвукової візуалізації у видаленні сторонніх тіл при вогнепальних пораненнях. Мед. перспективи. 2018. Т. 23, № 4, ч. 1. С. 101–104.

143. Сидоренко Ю. М., Яковенко В. В. Про вплив кількості осколкоутворюючих дисків осколково-пучкового снаряда на значення параметрів осцевого осколкового поля. Військово-техн. зб. 2012. № 1. С. 79–86.

144. Скиба В. В., Рибальченко В.Ф., Іванько О.В. та ін. Сучасні візуалізаційні технології у діагностиці первинних інтраабдомінальних ускладнень у хворих. Укр. мед. часопис. 2021. № 2 (142), III/IV. С. 92–96.

145. Спільна доктрина з медичного забезпечення НАТО (AJP-4.10 (C)) : затв. Військовим комітетом НАТО від 11.09.2019 р.

146. Спосіб диференційної діагностики захворювань передміхурової залози : пат. 119552, Україна : А61В 8/08. № u201704018; заявл. 24.04.2017; опубл. 25.09.2017. Бюл. № 18.

147. Спосіб моделювання вогнепальних ран : пат. 133651, Україна : А61В 17/02. № u 201901403; заявл. 12.02.2019; опубл. 10.04.2019. Бюл. № 7.

148. Спосіб оцінки тяжкості пошкодження та стану постраждалого з вогнепальним та вибуховим пораненням в умовах бойових дій для прогнозу виживання : пат. 143329, Україна : А61В 6/00. № u202000303; заявл. 20.01.2020; опубл. 27.07.2020. Бюл. № 14.

149. Спосіб променевої діагностики вогнепальних ран в експерименті : пат. 141888, Україна : G09В 23/28, А61В 8/00, А61В 8/13. № u201911451; заявл. 26.11.2019; опубл. 27.04.2020. Бюл. № 8.

150. Спосіб ультразвукової діагностики при поєднаній абдомінальній травмі : пат. 117503, Україна : А61В 8/00. № u201700898; заяв. 01.02.2017; опубл. 26.06.2017. Бюл. № 12.

151. Стандарт підготовки І-СТ-3. (вид. 2): підготовка військовослужбовця з тактичної медицини. Київ : МП Леся, 2015. 148 с.

152. Старенький В. П., Сухіна О. М., Свиначенко А. В. та ін. Реорганізація роботи відділення променевої терапії в умовах збільшення потоку хворих із зони АТО. Укр. радіол. журн. 2015. Т. 23, вип. 2. Р. 95–97.

153. Тиманюк В. А., Животова Е. Н. Биофизика : учебник, 2-е изд. Киев : ИД «Профессионал», 2004. 704 с.

154. Торакоабдомінальний балістичний імітатор : пат. 130950, Україна : А45F 3/00. № u 201810846; заявл. 02.11.2018; опубл. 26.12.2018. Бюл. № 24.

155. Тутченко Н. И., Свитличный Э. В. Малоинвазивные операции под контролем ультразвукового исследования в лечении больных с абсцессами печени. Проблемы військової охорони здоров'я : зб. наук. праць Укр. військ.-мед. акад. Київ, 2010. Вип. 32. С. 160–165.

156. Фепа В. В., Сидоренко Ю. М., Яковенко В. В. Дослідження процесу вибухового метання двох осколкових дисків змінної товщини. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2017. № 3 (81). С. 99–108.

157. Хіміч С. Д., Желіба М. Д., Герич І. Д. та ін. Загальна хірургія : підручник / ред. С. Д. Хіміч, М. Д. Желіба. 3-тє вид., перероб. і доп. Київ : ВСВ «Медицина», 2018. 608 с.

158. Хоменко І. П., Цема Е. В., Коваль Б. М. и др. Сочетанное осколочное ранение нижней полой вены, вызвавшее пулевую эмболию легочной артерии (клиническое наблюдение и обзор литературы). Хірургія України. 2019. № 2. С. 69–80.

159. Хоменко І. П., Герасименко О. С., Гайда Я. І. та ін. Застосування малоінвазивних хірургічних втручань у лікуванні вогнепальних поранень печінки. Мед. перспективи. 2018. Т. 23, № 4 (1). С. 111–115.

160. Хоменко І. П., Гречаник О. І., Абдуллаєв Р. Я. та ін. Рентгенологічна діагностика бойової хірургічної травми : метод. реком. Київ : МП Леся, 2018. 40 с.

161. Хоменко І. П., Лурін І. А., Цимбалюк В. І. та ін. Медичне забезпечення Збройних Сил України під час антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил на території Луганської та Донецької областей : монографія. Київ : Видавництво Людмила, 2022. Ч. III. 487 с.

162. Хоменко І. П., Світличний Е. В., Гречаник О. І. та ін. Екстрені ультразвукові обстеження при травмі. FAST-протокол : навч. посіб. Київ : Видавництво Людмила, 2018. 66 с.

163. Хоменко І. П., Хорошун Е. М., Шаповалов В. Ю., Герасименко О. С. Актуальні питання організації медичного забезпечення військ в локальному збройному конфлікті. Проблеми військової охорони здоров'я : зб. наук. праць УВМА. Київ, 2019. Вип. 51. С. 256–262.

164. Цымбалюк В. И., Лурия И. А., Абдуллаев Р. Я. и др. Ультразвуковая диагностика огнестрельных повреждений периферических нервов. Азербайджан. мед. журн. 2022. № 3. С. 62–71.

165. Чемерис О. М., Хіміч С. Д. Взаємозв'язок між показниками індексу маси тіла і гендерної приналежності та тяжкістю отриманих пошкоджень при поєднаній травмі тіла. Мед. перспективи. 2018. Т. 23, № 4, ч. 1. С. 115–119.

166. Черепнев И. А., Фесенко Г. В., Крыленко И. М. К истории применения методов физической медицины в лечении и реабилитации раненых на опыте войн начала XX века : зб. наук. праць Харків. ун-ту повітряних сил. 2016. Вип. 3. С. 190–196.

167. Якимова Т. П., Михайлусов Р. Н., Ромаев С. Н. Морфологические особенности современных огнестрельных ран мягких тканей. Харків. хірургічна школа. 2017. № 3–4 (84–85). С. 14–18.

168. Якимова Т. П., Негодуйко В. В., Михайлусов Р. Н. Особенности патоморфоза огнестрельных ранений мягких тканей при наличии инородных тел. Теорет. і експерим. медицина. 2017. № 2 (75). С. 11–17.

169. Яковенко В. В., Гречаник Е. И., Абдуллаев Р. Я. и др. Моделирование влияния осколков осколочных боеприпасов на биологические ткани военнослужащего в защитных элементах боевой экипировки. Азербайджан. мед. журн. 2020. № 4. С. 107–115.

170. Ярешко В. Г., Марусій А. І. Малоінвазивні хірургічні втручання в лікуванні хворих з некротичним панкреатитом. Мед. перспективи. 2018. Т. 23, № 4 (1). С. 131–134.

171. Ярмолюк Ю. О. Система відновного лікування постраждалих із множинними переломами довгих кісток : дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.21. Харків, 2018. 425 с.

172. Abdomen Ch. P. Imaging Anatomy. Philadelphia : ELSEVIER, 2016. 1192 p.

173. Abdominal and General Ultrasound (Clinical Ultrasound: a comprehensive text) / eds. D. Cosgrove, H. Meire, K. Dewbury. London : Churchill Livingstone, 1993. Vol. 1. 1040 p.

174. Abdominal and General Ultrasound (Clinical Ultrasound: a comprehensive text) / eds. D. Cosgrove, H. Meire, K. Dewbury. London : Churchill Livingstone, 1993. Vol. 2. 1116 p.

175. Abdulaev R., Romanuik Yu., Grechanik E. et al. A retrospective study of injuries of abdomen by use of ultrasound diagnostics of military personnel, who

participated in anti-terrorist operation in the east of Ukraine. *Am. Scient. J.* 2017. № 1 (9). P. 36–40.

176. Abdullaev R. Ya., Bubnov R. V., Tsymbalyuk V. I., Grechanyk O. I., Kalika L., Pilecki Z. Ultrasound of the spine, peripheral nerves and for pain management. Kharkiv : Fact, 2017. 172 p.

177. Abdullaev R., Bubnov R., Tsymbalyuk V. et al. Ultrasonography of the Diagnosis the Degenerative-Distrophic Changes in the Vertebral Motor Segment as a Potential Cause of Back Pain: Pictorial Essay. *J. Spine.* 2017. Vol. 6, is. 5. P. 1–7.

178. Abdullaiev R. R., Grechanik E. I., Abdullaiev R. Ya., Khaustov M. M., Posoxov N. F., Dudnik T. A., Kirichenko A. G., Tomakh N. V. Comparative assessment of the results of radiography and ultrasonography in the diagnosis of combat chest injuries. *Azerbaijan Medical Journal.* 2024. № 2. C. 185–191. doi: 10.34921/amj.2024.2.030.

179. Abdullaiev R. Y., Grechanyk O. I., Lurin I. A. et al. Duplex ultrasound evaluation of vascular injures in combat trauma of the neck. *J. Diseases. Dis. Treat.* 2022. V. 2, № 2. P. 1–5. doi. org/10. 47363/JDDT/2022(2)108.

180. Abdullaiev R. Ya, Grechanyk E. I., Kulikova F. I. et al. Ultrasonic Tissue Characterization of Damage of the Lower Extremities in Gunshot Wounds. *EC Orthopaedics.* 2018. V. 9, № 8. P. 610–618.

181. Abdullaiev R. Ya., Grechanyk E. I., Kulikova F. I. et al. Ultrasonography in the Diagnosis of Gunshot Injuries of the Neurovascular Bundle of the Extremities. *EC Neurology.* 2018. Vol. 10, № 11.

182. Aboudara M., Mahoney P. F., Hicks B., Cuadrado D. Primary blast lung injury at a NATO Role 3 hospital. *J. R. Army Med. Corps.* 2014. Vol. 160, № 2. P. 161–166. doi: 10.1136/jramc-2013-000216.

183. Agarwala R. *Atlas of Emergency Radiology.* Springer Cham, 2015. 673 p. ISBN 978-3-319-13041-5. ISBN 978-3-319-13042-2 (eBook). doi: 10.1007/978-3-319-13042-2.

184. Alharbi R. J., Shrestha S., Lewis V., Miller C. The effectiveness of trauma care systems at different stages of development in reducing mortality: A systematic

review and meta-analysis. *World J. Emerg. Surg.* 2021. Vol. 16, № 1. <https://doi.org/10.1186/s13017-021-00381-0>.

185. American College of Emergency Physicians : Emergency ultrasound guidelines. *Ann. Emerg. Med.* 2009. Vol. 53, № 4. P. 550–570. doi: 10.1016/j.annemergmed.2008.12.013.

186. Amin M. S. A., Al-Asmar A.-B. H., El-Naby H. El-D. H. A. Comparative study of different formulae of ultrasonographic quantification of the amount of pleural effusion. *Al-Azhar Med. J.* 2021. Vol. 50, № 2. P. 1459–1466. <https://doi.org/10.12816/amj.2021.158632>.

187. Amoretti N. Terrorist attack in nice, France, in July 2016: massive influx of patients to a radiology department. *Radiology.* 2018. Vol. 288, № 1. P. 2–3. doi: 10.1148/radiol.2018172915.

188. ATLS Subcommittee; American College of Surgeons' Committee on Trauma; International ATLS working group. Advanced trauma life support (ATLS®): the ninth edition. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2013. Vol. 74, № 5. P. 1363–1366. doi: 10.1097/TA.0b013e31828b82f5.

189. Azeem B. Managing Radiology On Battlefield. 2015. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Managing-Radiology-On-Battlefield.-Azeem/613e8abf3d8f931660637640d96761673e497bd5>.

190. Barnard E. B. G., Morrison J. J., Madureira R. M. et al. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA): a population based gap analysis of trauma patients in England and Wales. *Emerg. Med. J.* 2015. Vol. 32, № 12. P. 926–932. doi: 10.1136/emermed-2015-205217.

191. Batler F. K., Blackbourne L. N. Battlefield trauma care then and now: a decade of tactical combat casualty care. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2012. Vol. 73, № 6. P. 395–402. doi: 10.1097/TA.0b013e3182754850.

192. Battle C., Hayward S., Eggert S., Evans P.A. Comparison of the use of lung ultrasound and chest radiography in the diagnosis of rib fractures: A systematic review. *Emerg. Med. J.* 2019, № 36. P. 185–190. doi: 10.1136/emermed-2017-207416.

193. Batur A., Alagoz S., Durmaz F. et al. Measurement of Spleen Stiffness by Shear-Wave Elastography for Prediction of Splenomegaly Etiology. *Ultrasound Q.* 2019. Vol. 35, № 2. P. 153–156. doi: 10.1097/RUQ.0000000000000403.

194. Bayer J., Pache G., Hammer T. O. et al. German trauma centers: level-dependent differences in polytrauma care regarding resources and diagnostic concepts. *Chirurg.* 2013. Vol. 84, № 4. P. 316–321. doi: 10.1007/s00104-012-2445-0.

195. Beekley A. C., Blackbourne L. H., Sebesta J. A. et al. Selective nonoperative management of penetrating torso injury from combat fragmentation wounds. *J. Trauma*, 2008. Vol. 64, № 2. P. 108–116. doi: 10.1097/TA.0b013e31816093d0.

196. Blackstock U., Munson J., Szyld D. Bedside ultrasound curriculum for medical students: report of a blended learning curriculum implementation and validation. *J. Clin. Ultrasound.* 2015. Vol. 43, № 3. P. 139–144. doi: 10.1002/jcu.22224.

197. Blair J. A., Patzkowski J. C., Schoenfeld A. J. et al. Are spine injuries sustained in battle truly different? *Spine J.* 2012. Vol. 12, № 9. P. 824–829.

198. Bouhemad B., Liu Z.H., Arbelot C. et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia. *Crit. Care. Med.* 2010, № 38. P. 84–92. doi: 10.1097/CCM.0b013e3181b08cdb.

199. Bradley M., Nealeigh M., Oh J. S. et al. Combat casualty care and lessons learned from the past 100 years of war. *Current Problems in Surgery.* 2017. Vol. 54, № 6. P. 315–351. <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2017.02.004>.

200. Brethauer S. A. Invasion vs insurgency: US Navy/Marine Corps forward surgical care during Operation Iraqi Freedom. *Arch. Surg.* 2008. Vol. 143, № 6. P. 564–569. doi: 10.1001/archsurg.143.6.564.

201. Bubnov R. V., Grechanyk O. I., Abdullaiev R. Ya., Dykan I. M. Shear Wave Elastography Detects Increased Liver Stiffness in Viral Hepatitis C In Young Male Soldiers. 40th Anniversary & 51st Annual Congress of Korean Society of Ultrasound in Medicine. Seoul, South Korea, November 16–17, 2020. P. 234–235.

202. Bubnov R., Hrechanyk O. Urethral Scar Tissue and Compromised Integrity: A Case Report of Urinary Consequences Following Gunshot Wound to the Pelvic Area. 15th European Multidisciplinary Congress on Urological Cancers (EMUC23) : abstr. Marseille, France, November 2–5, 2023.

203. Bubnov R., Pilecki Z., Pilecki G. Ultrasound Diagnosis of Spinal Cord Injury at Thoracic Level in a Combatant with Contraindication to MRI: A Case Report. CHEST. 2023. Vol. 164, № 4. Suppl. A4043. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2023.07.2635>.

204. Burg A., Nachum G., Salai M. et al. Treating civilian gunshot wounds to the extremities in a level 1 trauma center: our experience and recommendations. Isr. Med. Assoc. J. 2009. Vol. 11, № 9. P. 546–551. PMID: 19960849.

205. Burkack M., Wolański W., Suchoń S. et al. Modeling of human head injuries in an armored vehicle. AIP Conf. Proc. 2019. 5 p. <https://doi.org/10.1063/1.5092041>.

206. Busby Lindsay P., Courtier Jesse L., Glastonbury Christine M. Bias in radiology: the how and why of miss and misinterpretations. RadioGraphics. 2018. Vol. 38, № 1. P. 236–247. <https://doi.org/10.1148/rg.2018170107>.

207. Cancio L. C., Sheridan R. L., Dent R. et al. Guidelines for burn care under austere conditions: special etiologies: blast, radiation, and chemical injuries. J. Burn Care & Research. 2017. Vol. 38, № 1. P. e482–e496. <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000367>.

208. Cannon J. W., Holena D. N., Geng Z. et al. Comprehensive analysis of combat casualty outcomes in US service members from the beginning of World War II to the end of Operation Enduring Freedom. J. Trauma Acute Care Surg. 2020. Vol. 89, № 2. S8–S15. doi: 10.1097/TA.0000000000002789.

209. Cazes N., Desmots F., Geffroy Y. et al. Emergency ultrasound: A prospective study on sufficient adequate training for military doctors. Diagnostic and Interventional Imaging. 2013. Vol. 94, № 1. P. 1109–1115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.diff.2013.04.016>.

210. Chaiyasate K., Gupta R., Boudiab E. M. et al. Comprehensive treatment and reconstructive algorithm for functional restoration after ballistic facial injury. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2022. Vol. 10, № 7. P. e4453. doi: 10.1097/GOX.0000000000004453.

211. Champion H. R., Bellamy R. F., Roberts C. P., Leppaniemi A. A profile of combat injury. *J. Trauma*. 2003. Vol. 54, № 5. S13–S19. doi: 10.1097/01.TA.0000057151.02906.27.

212. Champion H. R., Holcomb J. B., Young L. A. Injuries from explosions: physics, biophysics, pathology, and required research focus. *J. Trauma*. 2009. Vol. 66, № 5. P. 1468–1477. doi: 10.1097/TA.0b013e3181a27e7f.

213. Chan Ch. M., Shorr A. F., Perkins J. G. Factors associated with acute lung injury in combat casualties receiving massive blood transfusions: A retrospective analysis. *J. Crit. Care*. 2012. Vol. 27. P. 419.e7–419.e14. doi:10.1016/j.jcrc.2011.11.010.

214. Chauhan R., Copeland C. C., Murray M. Improvised explosive devices: anesthetic implications. *Curr. Anesthesiol Rep*. 2018. Vol. 8. P. 71–77. <https://doi.org/10.1007/s40140-018-0260-y>.

215. Chen S., Sanchez W., Callstrom M. R. et al. Assessment of liver viscoelasticity by using shear waves induced by ultrasound radiation force. *Radiology*. 2013. Vol. 266, № 3. P. 964–970. doi: 10.1148/radiol.12120837.

216. Chung K. K., Perkins R. M., Oliver J. D. Renal replacement therapy in support of combat operations. *Crit. Care Med*. 2008, № 36. P. S365–S369. doi: 10.1097/CCM.0b013e31817e302a.

217. Ciclamini D., Panero B., Titolo P. et al. Particularities of hand and wrist complex injuries in polytrauma management. *Injury*. 2014. Vol. 45, № 2. P. 448–451. doi: 10.1016/j.injury.2013.09.016.

218. Committee on Military Trauma Care's Learning Health System and Its Translation to the Civilian Sector, Board on Health Sciences Policy, Board on the Health of Select Populations, Health and Medicine Division, National Academies of Sciences Engineering and Medicine. in *A National Trauma Care System: Integrating*

Military and Civilian Trauma Systems to Achieve Zero Preventable Deaths After Injury (eds. Berwick D., Downey A., Cornett E.) (National Academies Press (US) Copyright 2016 by the National Academy of Sciences. All rights reserved., 2016).

219. Cook M. R. An abdominal computed tomography may be safe in selected hypotensive trauma patients with positive focused assessment with sonography in trauma examination. *Am. J. Surg.* 2015. Vol. 209, № 5. P. 834–840. doi: 10.1016/j.amjsurg.2015.01.005.

220. Cook A., Weddle J., Baker S. et al. A comparison of the Injury Severity Score and the Trauma Mortality Prediction Model. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2014. Vol. 76, № 1. P. 47–52. doi: 10.1097/TA.0b013e3182ab0d5d.

221. Cooper H. et al. Troop deaths and injuries in Ukraine war near 500,000, U.S. Officials say. *The New York Times.* 2023.

222. Corcoran F., Bystrycki A., Masud S. et al. Ultrasound in pre-hospital trauma care. *Trauma.* 2015. Vol. 18, № 2. P. 101–110.

223. Culling C. F. A., Allison R. T., Barr W. T. *Cellular Pathology Technique.* Butterworth-Heinemann, 2014. 650 p.

224. Dabbs D. J. *Diagnostic Immunohistochemistry.* 5th ed. Elsevier, 2018. 944 p.

225. Dammers D., El Moumni M., Hoogland I. I. et al. Should we perform a FAST exam in haemodynamically stable patients presenting after blunt abdominal injury: a retrospective cohort study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2017. Vol. 25, № 1. doi: 10.1186/s13049-016-0342-0.

226. Dargan R. S. Preserving, Celebrating Radiology's Revolutionary Road. *RSNA News.* 2014. Vol. 24, № 6. P. 5–7.

227. Davinder R. D., Bronshteyn Yu S., Haskins S., Zimmerman J. Perioperative Point-of-Care Ultrasound: From Concept to Application. *Anesthesiology.* 2020. Vol. 132, № 4. P. 908–916. doi: 10.1097/ALN.0000000000003113.

228. Davis J. S., Satahoo S. S., Butler F. K. et al. An analysis of prehospital deaths: Who can we save? *J. Trauma Acute Care Surg.* 2014. Vol. 77, № 2. P. 213–218. doi: 10.1097/TA.0000000000000292.

229. DeBarros M., Martin M. J. Penetrating traumatic diaphragm injuries. *Curr Trauma Rep.* 2015. Vol. 1. P. 92–101. doi: 10.1007/s40719-015-0012-0.

230. Deng Q., Tang B., Xue C. et al. Comparison of the ability to predict mortality between the Injury Severity Score and the New Injury Severity Score: A meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public. Health.* 2016. Vol. 13, № 8. 825 p. doi: 10.3390/ijerph13080825.

231. DeVocht J. W., Smith D. L., Long C. R. et al. The effect of chiropractic treatment on the reaction and response times of special operation forces military personnel: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2016. Vol. 17, № 1. P. 457. doi: 10.1186/s13063-016-1580-1.

232. Dick E. A., Ballard M., Alwan-Walker H. et al. Bomb blast imaging: bringing order to chaos. *Clin. Radiol.* 2018. Vol. 73. P. 509–516. doi: 10.1016/j.crad.2017.12.001.

233. Dietrich C. F., Bamber J., Berzigotti A. et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version). *Ultraschall Med.* 2017. Vol. 38, № 4. P. e16–e47. doi: 10.1055/s-0043-103952.

234. Disasters and mass casualties: II. Explosive, biologic, chemical, and nuclear agents / C. T. Born et al. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2007. Vol. 15, № 8. P. 461–473. doi: 10.5435/00124635-200708000-00003.

235. Ditkofsky N. G., Maresky H., Mathur S. Imaging Ballistic Injuries. *Can. Assoc. Radiol J.* 2020. Vol. 71, № 3. P. 335–343. doi: 10.1177/0846537120902107.

236. Don S., Whiting B. R., Rutz L. J., Apgar B. K. New exposure indicators for digital radiography simplified for radiologists and technologists. *Am. J. Roentgenol.* 2012. Vol. 199, № 6. P. 1337–1341. doi: 10.2214/AJR.12.8678.

237. Dreizin D., Munera F. Multidetector CT for penetrating torso trauma: state of the art. *Radiology.* 2015. Vol. 277. P. 338–355. doi: 10.1148/radiol.2015142282

238. D'Souza E. W., MacGregor A. J., Dougherty A. L. et al. Combat injury profiles among U.S. military personnel who survived serious wounds in Iraq and

Afghanistan: A latent class analysis. *PLoS One*. 2022. Vol. 17, № 4. e0266588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266588>.

239. Dubecq C., Aigle L., Couret A. Le virage incontournable de l'échographie en médecine des forces. Bilan de dix ans d'utilisation et perspectives. *Med. Armées*. 2017. Vol. 45. P. 205–211.

240. Dubecq C., Dubourg O., Morand G. et al. Point-of-care ultrasound for treatment and triage in austere military environments. *J. Trauma Acute Care Surg*. 2021. Vol. 91, № 2. P. S124–S129. doi: 10.1097/TA.0000000000003308.

241. *Early British Military Radiology* / H. Nushida, H. Vogel; german edition by K. Pöschel & Axel Heinemann. *Der durchsichtige Tote – Post mortem CT und forensische Radiologie: Symposium zur Forensischen Radiologie. Europäischer Röntgenkongress, Wien 2009 und 2010 Paperback – January 1, 2011* / eds. F. Stoney. Kovac, Dr. Verlag; Auflage, 2010. P. 103–113.

242. Eid H. O., Abu-Zidan F. M. New Injury Severity Score is a better predictor of mortality for blunt trauma patients than the Injury Severity Score. *World J. Surg*. 2015. Vol. 39, № 1. P. 165–171. doi: 10.1007/s00268-014-2745-2.

243. Ellington L. E., Gilman R. H., Chavez M. A. et al. Lung ultrasound as a diagnostic tool for radiographically-confirmed pneumonia in low resource settings. *Respiratory Medicine*. 2017. Vol. 128. P. 57–64. doi: 10.1016/j.rmed.2017.05.007.

244. Eskridge S. L., Macera C. A., Galarneau M. R. et al. Injuries from combat explosions in Iraq: injury type, location, and severity. *Injury*. 2012. Vol. 43, № 10. P. 1678–1682. doi: 10.1016/j.injury.2012.05.027.

245. European Commission. Ukraine: 1,000 Ukrainian patients transferred to European hospitals. European Commission. 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_4882.

246. European Society of Radiology. ESR paper on structured reporting in radiology. *Insights Imaging*. 2018. Vol. 9, № 1. P. 1–7. doi:10.1007/s13244-017-0588-8.

247. Explosion injuries treated at combat support hospitals in the Global War on Terrorism / eds. C. E. Wade et al. In: N. M. Elsayed, J. L. Atkins. *Explosion and Blast-*

Related Injuries: Effects of Explosion and Blast from Military Operations and Acts of Terrorism. Burlington, MA : Elsevier Academic Press, 2008. P. 41–72.

248. Farkash U., Scope A., Lynn M. et al. Preliminary experience with postmortem computed tomography in military penetrating trauma. *J. Trauma*. 2000. Vol. 48, № 2. P. 303–309. doi: 10.1097/00005373-200002000-00018.

249. Feletti F., Malta B., Aliverti A. *Thoracic Ultrasound and Integrated Imaging*. Springer, 2020. 387 p.

250. Feletti F., Mucci V., Aliverti F. Chest Ultrasonography in Modern Day Extreme Settings: From Military Setting and Natural Disasters to Space Flights and Extreme Sports. *Can. Respir. J.* 2018. Vol. 2018. P. 8739704. <https://doi.org/10.1155/2018/8739704>.

251. Ferraioli G., Monteiro I. B. S. Ultrasound-based techniques for the diagnosis of liver steatosis. *World J. Gastroenterol.* 2019. Vol. 25, № 40. P. 6053–6062. doi: 10.3748/wjg.v25.i40.6053.

252. Filho B. F. M., de Oliveira e Silva R. C., Starling S. V. et al. Complementary exams in blunt torso trauma. Perform only radiographs and fast: is it safe? *Rev. Col. Bras. Cir.* 2015. Vol. 42, № 4. P. 220–223. doi: 10.1590/0100-69912015004005.

253. Folio L. R. *Combat Radiology: Diagnostic Imaging of Blast and Ballistic Injuries*. New York : Springer, 2010. 220 p. doi: 10.1007/978-1-4419-5854-9.

254. Folio L., Fischer T. V., Shogan P. J. et al. CT-based ballistic wound path identification and trajectory analysis in anatomic ballistic phantoms. *Radiology*. 2011. Vol. 258, № 3. P. 923–929. doi: 10.1148/radiol.10100534.

255. Fountain A. J., Corey A., Malko J. A. et al. Imaging Appearance of Ballistic Wounds Predicts Bullet Composition: Implications for MRI Safety. *Am. J. Roentgenol.* 2021. Vol. 216, № 2. P 542–551. doi: 10.2214/AJR.20.23648.

256. Frankel H. L., Kirkpatrick A. W., Elbarbary M. et al. Guidelines for the Appropriate Use of Bedside General and Cardiac Ultrasonography in the Evaluation of Critically Ill Patients-Part I: General Ultrasonography. *Crit. Care Med.* 2015, Vol. 43, № 11. P. 2479–2502. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000001216>.

257. Galloway Gloria. Traffic at military hospital tells tale of Taliban toll. *Globe and Mail*. (August 28, 2008).

258. Gao J., M., Du D. Y., Li H. et al. Traumatic diaphragmatic rupture with combined thoracoabdominal injuries: Difference between penetrating and blunt injuries. *Chin. J. Traumatol.* 2015. Vol. 18, № 1. P. 21–26. doi: 10.1016/j.cjtee.2014.07.001.

259. Garbella E., Catapano G., Pratali L., Pingitore A. Pulmonary edema in healthy subjects in extreme conditions. *Pulmonary Medicine*. 2011. Vol. 2011. P. 275857. <https://doi.org/10.1155/2011/275857>.

260. Gardelli G., Feletti F., Nanni A. et al. Chest ultrasonography in the ICU. *Respiratory Care*. 2012. Vol. 57, № 5. P. 773–781. doi: 10.4187/respcare.01743

261. Garra B. S. Elastography: history, principles, and technique comparison. *Abdom. Imaging*. 2015. Vol. 40, № 4. P. 680–697. doi: 10.1007/s00261-014-0305-8.

262. GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the global burden of disease study 2019. *Lancet*. 2020. Vol. 396, № 10258. P. 1204–1222. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30925-9.

263. Geyer L. L., Körner M., Linsenmaier U. et al. The role of follow-up ultrasound and clinical parameters after abdominal MDCT in patients with multiple trauma. *Acta Radiol.* 2014. Vol. 55, № 4. P. 486–494. doi: 10.1177/0284185113499559.

264. Gharahbaghian L., Anderson K. L., Lobo V. et al. Point-of-care ultrasound in austere environments: a complete review of its utilization, pitfalls, and technique for common applications in austere settings. *Em. Med. Clin. North Am.* 2017. Vol. 35, № 2. P. 409–441. doi: 10.1016/j.emc.2016.12.007.

265. Gillman L. M., Ball C. G., Panebianco N. et al. Clinician performed resuscitative ultrasonography for the initial evaluation and resuscitation of trauma. *Scand. J. Trauma Resusc Emerg. Med.* 2009. P. 17–34. doi: 10.1186/1757-7241-17-34.

266. Giovannini M. The place of endoscopic ultrasound in bilio-pancreatic pathology. *Gastroenterol. Clin. Biol.* 2010. Vol. 34, № 8–9. P. 436–445. doi: 10.1016/j.gcb.2010.05.004.

267. Gitto L., Stoppacher R. Gunshot wounds. (Pathology Outlines. com website). URL: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/forensicsgunshotwounds.html>.

268. Gogalniceanu P. et al. Is basic emergency ultrasound training feasible as part of standard undergraduate medical education? *J. Surg. Educ.* 2010. Vol. 67, № 3. P. 152–156. doi: 10.1016/j.jsurg.2010.02.008.

269. Goldenberg A. Determining trajectory to predict injury: the use of X-ray during resuscitation in gunshot wounds. *J. Surg. Res.* 2019. Vol. 240, № 12. P. 201–205. doi:10.1016/j.jss.2019.03.065.

270. Gotoh H., Shao S., Memita T. SPHLES model numerical investigation of wave interaction with partially immersed breakwater. *Coastal Engineering J.* 2004. Vol. 46, № 1. P. 39–63. doi: 10.1142/S0578563404000872.

271. Graham R. N. J. Battlefield radiology. *Br. J. Radiol.* 2012. Vol. 85, № 1020. P. 1556–1565.

272. Grant M., Ladner J., Marengo C., Roberge E. Transcavitary Penetrating Trauma – Comparing the Imaging Evaluation of Gunshot and Blast Injuries of the Chest, Abdomen, and Pelvis. *Current Trauma Reports.* 2020. Vol. 6, № 2. P. 83–95. <https://doi.org/10.1007/s40719-020-00192-9>.

273. Grechanik E., Romanuik Yu., Bubnov R. A retrospective study of gunshot injuries to the extremities by use of ultrasound diagnostics (National Military Medical Clinical Center of Ukraine). *Am. Scient. J.* 2016. № 2 (2). P. 13–17.

274. Grechanyk O. I., Abdullaiev R. Ya., Bubnov R. V. Ukrainian experience in hybrid war – the challenge to update algorithms for personalized care and early prevention of different military injuries. EPMA-World Congress 2015: abstr. (Bonn, Germany. 3–5 Sept. 2015). *EPMA Journal.* 2016. V. 7 (1). P. 14–16.

275. Grechanyk O. I., Gerasimenko O. S., Abdullayev R. Ya. et al. Clinical and diagnostic aspects of fire inflammation injuries of hollow abdominal organs

(ATO/OOS experience). Харківська хірургічна школа. 2022. № 5–6 (110–111). C. 71–81. doi: <https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2022.13>.

276. Grechanyk O., Abdullaev R., Dykan I., Bubnov R., Yarosh T., Holub V. Medical visualization of wound channels of different localizations in patients with combat trauma. 11th Annual Military Surgical Symposium : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSS14.

277. Grechanyk O., Bubnov R., Gurianov R., Abdullaev R. Multifaceted analysis in combat trauma patients in modern warfare. 11th Annual Military Surgical Symposium : abstr. Cleveland, Ohio, April 17–20, 2024. MSSP576.

278. Greer N. et al. Prevalence and epidemiology of combat blast injuries from the military cohort 2001–2014. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK447473>.

279. Grubor P., Milicevic S., Grubor M., Meccariello L. Treatment of Bone Defects in War Wounds: retrospective study. Med Arch. 2015. Vol. 69, № 4. P. 260–264. doi: [10.5455/medarh.2015.69.260-264](https://doi.org/10.5455/medarh.2015.69.260-264).

280. Gumeniuk K., Lurin I., Savytskyi O. et al. Surgical tactics in fire kidney injury and the first experience in performing laparoscopic nephrectomy at the II level of medical support (role II) in combat conditions: Case report. Int. J. Surg. Case Reports. 2023. Vol. 106. P. 108046. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2023.108046>.

281. Gybalo R. V., Lurin I. A., Safonov V. et al. Retained bullet in the neck after gunshot wounds to the chest and arm in combat patient injured in the war in Ukraine: A case report. Int. J. Surg. Case Rep. 2022. Vol. 99. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107658>.

282. Gzik M. et al. Risk factors influencing lower limbs injuries during IED blast. Inf. Technol. Med. (Kamień Śląski). 2016. P. 299–305. doi: [10.5555/2209654.2209712](https://doi.org/10.5555/2209654.2209712).

283. Gzik M., Wolański W., Gzik-Zroska B. et al. Risk factors influencing lower limbs injuries during IED blast. Inf. Technol. Med. (Kamień Śląski). 2016. P. 299–305. doi: [10.5555/2209654.2209712](https://doi.org/10.5555/2209654.2209712).

284. Halaweish I., Bambakidis T., Chang Z. et al. Addition of low-dose valproic acid to saline resuscitation provides neuroprotection and improves long-term outcomes in a large animal model of combined traumatic brain injury and hemorrhagic shock. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2015. Vol. 79, № 6. P. 911–919. doi: 10.1097/TA.0000000000000789.

285. Hammer M. M., Raptis D. A., Cummings K. W. et al. Imaging in blunt cardiac injury: Computed tomographic findings in cardiac contusion and associated injuries. *Injury.* 2016. Vol. 47, № 5. P. 1025–1030. doi: 10.1016/j.injury.2015.11.008.

286. Hanna T. N., Shuaib W., Han T. et al. Firearms, bullets, and wound ballistics: an imaging primer. *Injury.* 2015. Vol. 46, № 7. P. 1186–1196. doi: 10.1016/j.injury.2015.01.034.

287. Hare S. S., Goddard I., Ward P. et al. The radiological management of bomb blast injury. *Clin Radiol.* 2007. Vol. 62, № 1. P. 1–9. doi: 10.1016/j.crad.2006.09.013.

288. Harvey J. J., West A. T. The right scan, for the right patient, at the right time: the reorganization of major trauma service provision in England and its implications for radiologists. *Clin. Radiol.* 2013. Vol. 68, № 9. P. 871–886. doi: 10.1016/j.crad.2013.01.006.

289. Haskins S. C., Desai N. A., Fields K. G. et al. Diagnosis of Intraabdominal Fluid Extravasation After Hip Arthroscopy With Point-of-Care Ultrasonography Can Identify Patients at an Increased Risk for Postoperative Pain. *Anesth. Analg.* 2017. Vol. 124, № 3. P. 791–799. doi: 10.1213/ANE.0000000000001435.

290. Haut E. R., Mann N. C., Kotwal R. S. Military trauma care's learning health system: the importance of data driven decision making. URL: <https://www.nationalacademies.org/documents/embed/link/LF2255DA3DD1C41C0A42D3BEF0989ACAECE3053A6A9B/file/D1B3C1424D725D4E2F341FC5552C880B6FB1D68F02AA?noSaveAs=1>.

291. Henrard G., Froidcoeur X., Schoffeniels C. et al. Echography at the point of care: stethoscope of the future for the General Practitioner. *Rev. Med. Liege.* 2017. Vol. 72, № 4. P. 181–186.

292. Hoge C. W., McGurk D., Thomas J. L. et al. Mild traumatic brain injury in U.S. soldiers returning from Iraq. *N. Engl. J. Med.* 2008, № 358. P. 453–463. doi: 10.1056/NEJMoa072972.

293. Hollister A. M, Simoncini A., Sciuk A., Jordan J. High frequency ultrasound evaluation of traumatic peripheral nerve injuries. *Neurol. Res.* 2012. Vol. 34, № 1. P. 98–103. doi: 10.1179/1743132811Y.0000000048.

294. Hornez E., Béranger F., Monchal T. et al. Management specificities for abdominal, pelvic and vascular penetrating trauma. *J. Visc. Surg.* 2017. S1878–7886(17)30126-1. doi: 10.1016/j.jviscsurg.2017.10.009.

295. Horrocks C. L. Blast injuries: biophysics, pathophysiology and management principles. *J. R. Army Medical Corps.* 2001. Vol. 147, № 1. P. 28–40. doi: 10.1136/jramc-147-01-03.

296. Howard J. T., Kotwal R. S., Stern C. A. et al. Use of combat casualty care data to assess the US military trauma system during the Afghanistan and Iraq conflicts, 2001–2017. *JAMA Surg.* 2019. Vol. 154, № 7. P. 600–608. doi: 10.1001/jamasurg.2019.0151.

297. Hrechanyk O. I., Abdullaiev R. Ya., Bubnov R. V., Krasilnikov R. H. Ultrasound and X-ray for diagnostic support of abdominal and thoracic combat injury – retrospective analysis in hospitals of the military and evacuating zones. Innovative technology in medicine: experience of Poland and Ukraine : International research and practice conference (Poland, Lublin, 28–29 April, 2017). Lublin, 2017. P. 28–31.

298. Hrechanyk O., Abdullaiev R., Bubnov R., Danchin G. Neuroimaging algorithm for combat head injuries – Recent Ukrainian experience. XXIII World Congress of Neurology : abstr. Kyoto, Japan, Sept. 16–21. 2017. *J. Neurolog. Sciences.* 2017. Vol. 381. P. 251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2017.08.717>.

299. Huang G., Chen S., Dai C. et al. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrason Sonochem.* 2017. Vol. 37. P. 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.018>.

300. Huang Z., Zheng J., Zeng J. et al. Normal liver stiffness in healthy adults assessed by real-time shear wave elastography and factors that influence this method.

Ultrasound Med. Biol. 2014. Vol. 40, № 11. P. 2549–2555.
doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2014.05.008.

301. Imaging of Alimentary Tract Perforation / eds. L. Romano, A. Pinto. Springer, 2014. 155 p. ISBN 978-3-319-08191-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08192-2>.

302. Imaging of Foreign Bodies / eds. A. Pinto, L. Romano. Springer, 2016. 128 p. ISBN 978-88-470-5405-9, ISBN 978-88-470-5406-6 (eBook). doi: 10.1007/978-88-470-5406-6.

303. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Global. Both sexes, 10–24 years, Deaths per 100.000. GBD Compare. 2023. URL: <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.

304. Intraoperative Ultrasound (IOUS) in Neurosurgery: From Standard B-mode to Elastasonography / eds. F. Prada, L. Solbiati, A. Martegani, F. DiMeco. Springer, 2016. 187 p.

305. Jackson D. S. Sepsis in soft tissue limbs wounds in soldiers injured during the Falklands Campaign 1982. J. R. Army Med. Corps. 1984. Vol. 130, № 2. P. 97–99. doi: 10.1136/jramc-130-02-06.

306. Jahangiri M., Mani K., Yates M. T., Nowell J. The EXCEL Trial: The surgeons' perspective. Eur. Cardiol. 2020. Vol. 9, № 15. P. e67. doi: 10.15420/ecr.2020.34.

307. Janak J. C., Mazuchowski E. L., Kotwal R. S. et al. Patterns of Anatomic Injury in Critically Injured Combat Casualties: A Network Analysis. Sci. Rep. 2019. Vol. 9, № 1. P. 1–10. doi: 10.1038/s41598-019-50272-3.

308. Janak J. C., Sosnov J. A., Bares J. M. et al. Comparison of Military and Civilian Methods for Determining Potentially Preventable Deaths: A Systematic Review. JAMA Surg. 2018. Vol. 153, № 4. P. 367–375. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2017.6105>.

309. Janak J., Stockinger Z., Mazuchowski E. et al. Military Preventable Death Conceptual Framework: A Systematic Approach for Reducing Battlefield Mortality. Mil. Med. 2018. Vol. 183, № 2. P. 15–23. <https://doi.org/10.1093/milmed/usy149>.

310. Kaewlai R., Avery L. L., Asrani A. V., Novelline R. A. Multidetector CT of blunt thoracic trauma. *Radiographics*. 2008. Vol. 28, № 6. P. 1555–1570. doi: 10.1148/rg.286085510.
311. Kalbitz M., Pressmar J., Stecher J. et al. The Role of Troponin in Blunt Cardiac Injury After Multiple Trauma in Humans. *World J. Surg.* 2017. Vol. 41, № 1. P. 162–169. doi: 10.1007/s00268-016-3650-7.
312. Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. *Bone Marrow Transplant.* 2013. Vol. 48, № 3. P. 452–458. doi: 10.1038/bmt.2012.244.
313. Keneally R, Szpisjak D: Thoracic trauma in Iraq and Afghanistan. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013. Vol. 74, № 5. P. 1292–1297. doi: 10.1097/TA.0b013e31828c467d.
314. Kerforne T., Petitpas F., Frasca D., et al. Ultrasound-Guided Peripheral Venous Access in Severely Ill Patients With Suspected Difficult Vascular Puncture. *Chest. J.* 2012. Vol. 141, № 1. P. 279–280. <https://doi.org/10.1378/chest.11-2054>.
315. Khimich S. D., Chemerys O. M., Varyvoda E. S. The scale of assessment the severity of injuries of the patients with the polytrauma suffering from obesity. *Eur. J. Medical Technologies.* 2018. Vol. 1, № 18. P. 16–20.
316. Khomenko I., Tsema I., Humeniuk K. et al. Case of gunshot injury to the liver by a hand-made modified sniper bullet: organ-preserving surgical management with damage control tactics and transpapillary biliary decompression. *General Surgery.* 2022. Vol. 2, № 3. P. 64–73. <https://doi.org/10.30978/GS-2022-2-64>.
317. Kiernan J. A. *Histological and Histochemical Methods: Theory and Practice*. 5th edition. Scion Publishing, 2015. 571 p.
318. Kim Y. W., Mansfield L. T. Fool me twice: delayed diagnoses in radiology with emphasis on perpetuated errors. *Am. J. Roentgenol.* 2014. Vol. 202, № 3. P. 465–470. doi: 10.2214/AJR.13.11493.
319. Kirkpatrick A. W., Sirois M., Laupland K. B. et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused

Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J. Trauma*. 2004. Vol. 57, № 2. P. 288–295. doi: 10.1097/01.TA.0000133565.88871.E4.

320. Kluter T., Lippross S., Oestern S. et al. Operative treatment strategies for multiple trauma patients: early total care versus damage control. *Chirurg*. 2013. Vol. 84, № 9. P. 759–776. doi: 10.1007/s00104-013-2478-z.

321. Koch B. L., Hamilton B. E., Hudgins P. A., Harnsberger H. R. *Diagnostic Imaging: Head and Neck*. Philadelphia : Elsevier, 2016. 1352 p.

322. Kotwal R. S., Staudt A. M., Mazuchowski E. L. et al. A US military Role 2 forward surgical team database study of combat mortality in Afghanistan. *J. Trauma Acute Care Surg*. 2018. Vol. 85, № 3. P. 603–612. doi: 10.1097/TA.0000000000001997.

323. Krispin A., Zaitsev K., Hiss J. The elusive slug: bullet intestinal «embolism». *Forensic Sci. Med. Pathol*. 2010. Vol. 6, № 4. P. 288–292. doi: 10.1007/s12024-010-9163-z.

324. Kronstedt S., Boyle J., Fisher A. D. et al. Male Genitourinary Injuries in Combat – A Review of United States and British Forces in Afghanistan and Iraq: 2001–2013. *Urology*. 2023. Vol. 171. P. 1–256. <https://doi.org/10.1016/j.whi.2021.03.009>.

325. Kumar S. V. Blast injuries. *J. Mahatma Gandhi Inst. Med. Sciences*. 2014. Vol. 19, № 2. P. 85–88. doi: 10.4103/0971-9903.138425.

326. Kusuba T., Yamaguchi K., Oda H. Echography of the IVC for estimating fluid removal from patients undergoing hemodialysis. *Nippon Jinza Gakkai Shi*. 1996. P. 825–829. PMID: 7933667.

327. Kuy S. R., Somberg L. B., Paul J. et al. Undetected penetrating bladder injuries presenting as a spontaneously expelled bullet during voiding: a rare entity and review of the literature. *J. Emerg. Med*. 2013. Vol. 45, № 3. P. e59–62. doi: 10.1016/j.jemermed.2013.03.039.

328. Kwon A. M., Garbett N. C., Kloecker G. H. Pooled preventable death rates in trauma patients: Meta analysis and systematic review since 1990. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg*. 2014, № 40. P. 279–285. <https://doi.org/10.1007/s00068-013-0364-5>.

329. Laselle B. T., Byyny R. L., Haukoos J. S. et al. False-negative FAST examination: associations with injury characteristics and patient outcomes. *Ann. Emerg. Med.* 2012. Vol. 60, № 3. P. 326–334. doi: 10.1016/j.annemergmed.2012.01.023.

330. Law J., Macbeth P. B. Ultrasound: from earth to space. *McGill J. Med.* 2011. Vol. 13, № 2. P. 2–5.

331. Lazarjan M. S., Geoghegan P. H., Taylor M. C., Jermy M. C. Visualization of the air ejected from the temporary cavity in brain and tissue simulants during gunshot wounding. *Forensic Sci. Int.* 2015. № 246. P. 104–109. doi: 10.1016/j.forsciint.2014.11.005. Epub 2014 Nov 15. PMID: 25485950.

332. Le Minor J.-M., Sick H. *Atlas of Human Anatomy and Surgery. (Multilingual Edition)*. Taschen. 2017. 722 p. ISBN 978-3-836-56898-2.

333. Lee M. H., Schemmel A. J., Pooler B. D. et al. Workflow dynamics and the imaging value chain: quantifying the effect of designating a nonimage-interpretive task workflow. *Curr. Probl. Diagn. Radiol.* 2017. Vol. 46, № 4. P. 275–281. doi: 10.1067/j.cpradiol.2016.11.010.

334. Leite L., Gonçalves L., Vieira D. N. Cardiac injuries caused by trauma: Review and case reports. *J. Forensic Leg. Med.* 2017. № 52. P. 30–34. doi: 10.1016/j.jflm.2017.08.013.

335. Lewin I. J. Contingency: the likely spectrum of injuries based upon a review of three recent undeveloped theatres of operations – CORPORATE, TELIC 1 and HERRICK 4. *J. R. Nav. Med. Serv.* 2014. Vol. 100, № 1. P. 38–41. PMID: 24881425.

336. Leyral J., Cazes N., Aigle L. Échographie de l'avant au Role 1 : quelle formation pour le médecin d'unité? *Med. Armees.* 2014. Vol. 42, № 4. P. 309–314. doi: 10.17184/eac.7039.

337. Li Q., Deng D., Tao J. et al. Ultrasonic imaging of gunshot wounds in pig limb. *Genet. Mol. Res.* 2015. Vol. 14, № 2. P. 4291–4302. doi: 10.4238/2015.30.04.1.

338. Lichtenberger J. P., Kim A. M., Fisher D. et al. Imaging of combat-related thoracic trauma – blunt trauma and blast lung injury. *Mil. Med.* 2018. Vol. 183, № 3–4. P. e89–96. <https://doi.org/10.1093/milmed/usx033>.

339. Lichtenstein D. A. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest*. 2015. Vol. 147, № 6. P. 1659–1670. doi: 10.1378/chest.14-1313.

340. Linsenmaier U., Wirth S., Reiser M., K'rner M. Diagnosis and classification of pancreatic and duodenal injuries in emergency radiology. *Radiographics*. 2008. Vol. 28, № 6. P. 1591–1602. doi: 10.1148/rg.286085524.

341. Lipson S. A. *MDCT and 3D Workstations: A Practical How-To Guide and Teaching File*. Springer, 2006. 316 p.

342. Littlejohn L. F. Treatment of thoracic trauma: lessons from the battlefield adapted to all austere environments. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2017. Vol. 28, № 2. P. 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2017.01>.

343. Loftis K. L., Price J., Gillich P. J. Evolution of the Abbreviated Injury Scale: 1990–2015. *Traffic Inj. Prev.* 2018. № 19 (suppl. 2). S109–S113. doi: 10.1080/15389588.2018.1512747.

344. Lokuge A. Should we ditch the supine chest X ray in early trauma assessment? *Austr. J. Ultras. Med.* 2019. Vol. 22, № 4. P. 245–247. doi: 10.1002/ajum.12164.

345. Mabbott A., Carr D. J. Effects of police body armour on overmatching ballistic injury. *Int. J. Legal. Med.* 2020. Vol. 134, № 2. P. 583–590. doi: 10.1007/s00414-019-02070-9.

346. MacGregor A. J., Zouris J. M., Dougherty A. L., Dye J. L. Health Profiles of Military Women and the Impact of Combat-Related Injury. *Women's Health*. 2021. Vol. 31, № 4. P. 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.whi.2021.03.009>.

347. MacGregor A. J., Zouris J. M., Watrous J. R. et al. Multimorbidity and quality of life after blast-related injury among US military personnel: a cluster analysis of retrospective data. *BMC Public Health*. 2020. Vol. 20, № 1. P. 578. doi: 10.1186/s12889-020-08696-4.

348. Mahmood F., Matyal R., Skubas N. et al. Perioperative Ultrasound Training in Anesthesiology: A Call to Action. *Anesthesia and Analgesia*. 2016. Vol. 122, № 6. P. 1794–1804. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000001134>.

349. Maiden N. Ballistics reviews: Mechanisms of bullet wound trauma. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2009. Vol. 5, № 3. P. 204–209. doi: 10.1007/s12024-009-9096-6.
350. Mandelbaum A., Ritz E. Vena cava diameter measurement for estimation of dry weight in haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1996. Vol. 11, № 2. P. 24–27. doi: 10.1093/ndt/11.suppl2.24.
351. Manring M. M., Hawk A., Calhoun J. H., Andersen R. C. Treatment of War Wounds: A Historical Review. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2009. Vol. 467, № 8. P. 2168–2191. doi: 10.1007/s11999-009-0738-5.
352. Mansky R., Scher C. Thoracic trauma in military settings: a review of current practices and recommendations. *Wolters Kluwer Health.* 2019. Vol. 32, № 2. P. 227–233. <https://doi.10.1097//ACO.0000000000000694>
353. Mathers C. D., Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLoS Med.* 2006. Vol. 3, № 11. P. e442. doi: 10.1371/journal.pmed.0030442.
354. Mazuchowski E. L., Kotwal R. S., Janak J. C. et al. Mortality review of US Special Operations Command battle-injured fatalities. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2020. Vol. 88, № 5. P. 686–695. doi: 10.1097/TA.0000000000002610.
355. Mazur S. M., Pearce A., Alfred S. et al. The F.A.S.T.E.R. trial. Focused assessment by sonography in trauma during emergency retrieval: a feasibility study. *Injury.* 2008. Vol. 39, № 5. P. 512–518. doi: 10.1016/j.injury.2007.11.010.
356. Meyer H. J., Schramm D., Bach A. G. et al. Dental Trauma on whole Body Trauma CT-An underreported finding. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* 2022. Vol. 48, № 2. P. 1055–1060. doi: 10.1007/s00068-021-01633-z.
357. Ministrini S., Baiocchi G., Pittiani F. et al. Gunshot wound without entrance hole: where is the trick? – a case report and review of the literature. *World J. Emerg. Surg.* 2015. Vol. 10. P. 52. doi: 10.1186/s13017-015-0048-z
358. Mishra B., Gupta A., Sagar S. et al. Traumatic cardiac injury: experience from a level-1 trauma centre. *Chin. J. Traumatol.* 2016. Vol. 19, № 6. P. 333–336. doi: 10.1016/j.cjtee.2016.08.001.

359. Moedder U., Cohnen M., Andersen K. et al. Head and Neck Imaging: Direct Diagnosis in Radiology. New York : Thieme, 2007. 270 p.

360. Mohammad A., Branicki F., Abu-Zidan F. M. Educational and clinical impact of Advanced Trauma Life Support (ATLS) courses: a systematic review. *World J. Surg.* 2014. Vol. 38, № 2. P. 322–329. doi: 10.1007/s00268-013-2294-0.

361. Mol A., Yoon D. C. Guide to digital radiographic imaging. *J. Calif. Dent. Assoc.* 2015. Vol. 43, № 9. P. 503–511. PMID: 26820007.

362. Moore L., Champion H., Tardif P. A. et al. Impact of trauma system structure on injury outcomes: A systematic review and meta-analysis. *World J. Surgery.* 2017. Vol. 42. P. 1327–1339. <https://doi.org/10.1007/s00268-017-4292-0>.

363. Morrison C. A., Carrick M. M., Norman M. A. et al. Hypotensive resuscitation strategy reduces transfusion requirements and severe postoperative coagulopathy in trauma patients with hemorrhagic shock: preliminary results of a randomized controlled trial. *J. Trauma.* 2011. Vol. 70, № 3. P. 652–663. doi: 10.1097/TA.0b013e31820e77ea.

364. Muñoz B. B., Schobel S. A., Lisboa F. A. et al. Clinical risk factors and inflammatory biomarkers of post-traumatic acute kidney injury in combat patients. *Surgery.* 2020. Vol. 168. P. 662–e670. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2020.04.064>.

365. Murad M., Cırpar M., Ioğlu M. F., Cetik O. Prophylactic stabilization of an incomplete femoral shaft fracture produced by a low velocity gunshot: a case report. *J. Trauma.* 2006. Vol. 60, № 2. P. 423–425. doi: 10.1097/01.ta.0000203587.60883.54.

366. National Center for Injury Prevention and Control. Ten Leading Causes of Death by Age Group. 2017. URL: <https://www.cdc.gov/injury/wisqars/LeadingCauses.html>.

367. Nations J. A., Browning R. F. Battlefield applications for handheld ultrasound. *Ultrasound Q.* 2011. Vol. 27, № 3. P. 171–176. doi: 10.1097/RUQ.0b013e31822b7c14.

368. NATO Standard AJP-4.10. Allied Joint Doctrine for Medical Support: Edition C, Version 1, September 2019: [спільна доктрина союзників для медичної підтримки] [Internet]. Great Britain, 2019. URL:

<https://www.gov.uk/government/publications/allied-joint-medical-support-doctrine-ajp-410>.

369. NATO standard AJP-4.10. Allied joint medical support doctrine. Edition B Version 1. Brussels: Supreme Headquarters of Allied Powers in Europe. May 2015. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/allied-joint-medical-support-doctrine-ajp-410>.

370. Navsaria P. H., Nicol A. J., Edu S. et al. Selective nonoperative management in 1106 patients with abdominal gunshot wounds: conclusions on safety, efficacy, and the role of selective CT imaging in a prospective single-center study. *Ann. Surg.* 2015. Vol. 261, № 4. P. 760–764. doi: 10.1097/SLA.0000000000000879.

371. Nazerian P., Volpicelli G., Gigli C. et al. Diagnostic Performance of Wells Score Combined With Point-of-care Lung and Venous Ultrasound in Suspected Pulmonary Embolism. *Acad. Emerg. Med.* 2017. Vol. 24, № 3. P. 270–280. doi: 10.1111/acem.13130.

372. Office of the High Commissioner for Human Rights. Ukraine: Civilian casualty update 14 august 2023. United Nations. 2023. URL: <https://www.ecoi.net/en/document/2095716.html>.

373. Oh J. S., Do N. V., Clouser M. et al. Effectiveness of the combat pelvic protection system in the prevention of genital and urinary tract injuries: an observational study. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2015. Vol. 79, № 4. P. S193–S196. doi: 10.1097/TA.0000000000000735.

374. Oikonomou A., Prassopoulos P. CT imaging of blunt chest trauma. *Insights Imaging.* 2011. Vol. 2, № 3. P. 281–295. doi: 10.1007/s13244-011-0072-9.

375. Okoye O. T., Talving P., Teixeira P. G. et al. Transmediastinal gunshot wounds in a mature trauma centre: changing perspectives. *Injury.* 2013. Vol. 44, № 9. P. 1198–1203. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.12.014>.

376. Omid R., Stone M. A., Zalavras C. G., Marecek G. S. Gunshot Wounds to the Upper Extremity. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2019. Vol. 27, № 7. P. e301-ee10. doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00676.

377. Ostrom E., Joseph A. The Use of Musculoskeletal Ultrasound for the Diagnosis of Groin and Hip Pain in Athletes. *Curr. Sports Med. Rep.* 2016. Vol. 15, № 2. P. 86–90. doi: 10.1249/JSR.0000000000000248.

378. Owens B. D., Kragh J. F., Wenke J. C. et al. Combat wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *J. Trauma.* 2008. Vol. 64, № 2. P. 295–299. doi: 10.1097/TA.0b013e318163b875.

379. P & S Market Research: Point-of-Care Ultrasound (PoCUS) Device Market to Grow at 6.9 % CAGR till 2025: P&S Market Research. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2017/07/21/1055557/0/en/Point-of-Care-Ultrasound-PoCUS-Device-Market-to-Grow-at-6-9-CAGR-till-2025-P-S-Market-Research.html>. Accessed February 4, 2019.

380. Patterson B. O., Holt P. J., Cleanthis M. et al. Imaging vascular trauma. *Br. J. Surg.* 2012. Vol. 99, № 4. P. 494–505. <https://doi.org/10.1002/bjs.7763>.

381. Penn-Barwell J. G., Roberts S. A., Midwinter M. J., Bishop J. R. Improved survival in UK combat casualties from Iraq and Afghanistan: 2003–2012. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2015. Vol. 78, № 5. P. 1014–1020. doi: 10.1097/TA.0000000000000580.

382. Penn-Barwell J. G., Sargeant I. D. Gun-shot injuries in UK military casualties – Features associated with wound severity. *Injury.* 2016. Vol. 47, № 5. P. 1067–1071. <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2016.02.004>.

383. Peramaki R. Pictorial review of radiographic patterns of injury in modern warfare: imaging the conflict in Afghanistan. *Can. Assoc. Radiol. J.* 2011. Vol. 62, № 2. P. 90–106. <https://doi:10.1016/j.carj.2010.03.005>.

384. Perrier P., Leyral J., Thabouillot O. et al. Usefulness of point-of-care ultrasound in military medical emergencies performed by young military medicine residents. *J. R. Army Med. Corps.* 2019. Vol. 166, № 4. P. 236–239. <https://doi:10.1136/jramc-2018-001132>.

385. Peters P. Primary blast injury: An intact tympanic membrane does not indicate the lack of a pulmonary blast injury. *Mil. Med.* 2011. Vol. 176, № 1. P. 110–114. doi: 10.7205/milmed-d-10-00300.

386. Petfield J. L., Lewandowski L. R., Stewart L. et al. IDCRP Combat-Related Extremity Wound Infection Research. *Mil. Med.* 2022. Vol. 187, № 2. P. 25–33. <https://doi.org/10.1093/milmed/usab065>.

387. Pharaon K. S., Marasco S., Mayberry J. Rib Fractures, Flail Chest, and Pulmonary Contusion. *Curr. Trauma Reports.* 2015. P. 237–242. doi: 10.1007/s40719-015-0026-7.

388. Phipps H., Mondello S., Wilson A. et al. Characteristics and impact of U.S. military blast-related mild traumatic brain injury: a systematic review. *Front Neurol.* 2020. № 11. doi: 10.3389/fneur.2020.559318. pmid:33224086.

389. Pinto A., Russo A., Reginelli A. et al. Gunshot wounds: ballistics and imaging findings. *Semin Ultrasound CT MR.* 2019. Vol. 40, № 1. P. 25–35. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.018>.

390. Popivanov G., Mutafchiyski V., Belokonski E. et al. A modern combat trauma. *J. R. Army Med. Corps.* 2014. Vol. 160, № 1. P. 52–55. doi: 10.1136/jramc-2013-000132.

391. Prat N. J., Daban J.-L., Voiglio E. J., Rongieras F. Wound ballistics and blast injuries. *J. Visc. Surg.* 2017. Vol. 154, № 1. P. S9–S12. doi: 10.1016/j.jvisc Surg.2017.07.005.

392. Pruitt B. A. Jr. Combat casualty care and surgical progress. *Ann. Surg.* 2006. Vol. 243, № 6. P. 715–729. doi: 10.1097/01.sla.0000220038.66466.b5.

393. Rahman N. H. N. A., Ahmad R., Kareem M. M., Mohammed M. I. Ultrasonographic assessment of inferior vena cava/abdominal aorta diameter index: a new approach of assessing hypovolemic shock class 1. *Int. J. Emerg. Med.* 2016. Vol. 9, № 1. P. 8. doi: 10.1186/s12245-016-0101-z.

394. Ramasamy A., Harrison S. E., Clasper J. C., Stewart M. P. Injuries from roadside improvised explosive devices. *J. Trauma.* 2008. Vol. 65, № 4. P. 910–914. doi: 10.1097/TA.0b013e3181848cf6.

395. Ramsingh D., Bronshteyn Y. S., Haskins S., Zimmerman J. Perioperative Point-of-Care Ultrasound: From Concept to Application. *Anesthesiology.* 2020. Vol. 132, № 4. P. 908–916. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003113>.

396. Rees P., Buckley A. M., Watts S. A., Kirkman E. Intravascular ultrasound, performed during resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA), confirms correct balloon deployment and haemostasis – a potential solution for remote, austere and military settings. *J. R. Nav. Med. Serv.* 2018. Vol. 104, № 1. P. 12–17. doi: 10.1136/jrnms-104-12.

397. Reginelli A., Russo A., Maresca D. et al. Imaging Assessment of Gunshot Wounds. *Semin Ultrasound CT MR.* 2014. Vol. 36, № 1. P. 1–11. doi: 10.1053/j.sult.2014.10.005.

398. Richards J. R., McGahan J. P. Focused Assessment with Sonography in Trauma (FAST) in 2017: what radiologists can learn. *Radiology.* 2017. Vol. 283, № 1. P. 30–48. doi: 10.1148/radiol.2017160107.

399. Richards R., Awrey J. M., Medeiros S. E., McGahan J. P. Color and power Doppler sonography for pneumothorax detection. *J. Ultras. Med.* 2017. Vol. 36, № 10. P. 2143–2147. doi: 10.1002/jum.14243.

400. Rodrigues S. A., Guey J., Plummer T. C. H. et al. Influence of rib impact on thoracic gunshot trauma. *J. R. Army Med. Corps.* 2018. Vol. 164, № 6. P. 405–409. doi: 10.1136/jramc-2018-000984.

401. Rodriguez-Millan M., Rubio I., Burpo F. J. et al. Experimental and numerical analyses of ballistic resistance evaluation of combat helmet using Hybrid III headform. *Int. J. Impact Engineering.* 2023. Vol. 179. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2023.104653>.

402. Rogovskyi V. M., Koval B., Lurin I. A. et al. Temporary arterial shunts in combat patient with vascular injuries to extremities wounded in Russian-Ukrainian war: A case report. *Int. J. Surg. Case. Rep.* 2023. Vol. 102. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107839>.

403. Romano L., Pinto A. *Imaging of Alimentary Tract Perforation.* Springer Cham, 2016. 155 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08192-2>.

404. Rozenfeld L., Feschenko Y., Medvedev V. et al. Evaluation of effectiveness of digital technologies application for lowering the dose loading in roentgen diagnostic in Ukraine / International workshop «Optimization of dose and

performance in interventional and digital imaging». Leuven, 2004. Scientific exhibit. P. 14.

405. Sabri Y. Y., Hafez M. A. F., Kamel K. M., Abbas D. A. Evaluating the role of ultrasound in chest trauma: Common complications and computed tomography comparative evaluation. *Egypt. J. Radiol. Nucl. Med.* 2018. № 49. P. 986–992. doi: 10.1016/j.ejrn.2018.06.006.

406. Saher S., Cohen N. Israeli Experience of Treating Syrian Civil War Patients: Analysis of the Role of Computerized Tomography in the Management of War Injuries. *J. Emerg. Trauma Care.* 2018. Vol. 3, № 2. P. 1. <https://www.imedpub.com/articles/israeli-experience-of-treating-syrian-civil-war-patients-analysis-of-the-role-of-computerized-tomography-in-the-management-of-war.php?aid=23304>.

407. Sarvazyan A. P., Rudenko O. V., Swanson S. D. et al. Shear wave elasticity imaging: A new ultrasonic technology of medical diagnostics. *Ultrasound Med. Biol.* 1998. Vol. 24. P. 1419–1435. doi: 10.1016/s0301-5629(98)00110-0.

408. Sauter T. C., Hoess S., Lehmann B. et al. Detection of pneumothoraces in patients with multiple blunt trauma: use and limitations of eFAST. *Emerg. Med. J.* 2017. Vol. 34, № 9. P. 568–572. doi: 10.1136/emmermed-2016-205980.

409. Savatmongkornkul S., Wongwaisayawan S., Kaewlai R. Focused assessment with sonography for trauma: current perspectives. *Open Acc. Emerg. Med.* 2017. Vol. 26, № 9. P. 57–62. doi: 10.2147/OAEM.S120145.

410. Scalea T. M., Rodriguez A., Chiu W. C. et al. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J. Trauma.* 1999. Vol. 46, № 3. P. 466–472. doi: 10.1097/00005373-199903000-00022.

411. Schemmel A., Lee M., Hanley T. et al. Radiology workflow disruptors: a detailed analysis. *J. Am. Coll. Radiol.* 2016. Vol. 13, № 10. P. 1210–1214. doi: 10.1016/j.jacr.2016.04.009.

412. Schmidt G. Terrorist attacks with explosive weapons: pattern of injuries and health constraints. *Int. J. Emerg. Manag.* 2018. Vol. 14, № 1. P. 40. doi:10.1504/IJEM.2018.089165.

413. Schmitt-Sody M., Kurz S., Reiser M. et al. Analysis of death in major trauma: value of prompt post mortem computed tomography (pmCT) in comparison to office hour autopsy. *Scand. J. Trauma Resusc Emerg. Med.* 2016. Vol. 29, № 24. P. 38. doi: 10.1186/s13049-016-0231-6.

414. Schneiderman A. I., Braver E. R., Kang H. K. Understanding sequelae of injury mechanisms and mild traumatic brain injury incurred during the conflicts in Iraq and Afghanistan: persistent postconcussive symptoms and posttraumatic stress disorder. *Am. J. Epidemiol.* 2008. Vol. 167, № 12. P. 1446–1452. doi: 10.1093/aje/kwn068.

415. Schoenfeld A. J., Dunn J. C., Bader J. O., Belmont P. J. Jr. The nature and extent of war injuries sustained by combat specialty personnel killed and wounded in Afghanistan and Iraq, 2003–2011. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2013. Vol. 75, № 2. P. 287–291. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31829a0970>.

416. Schreiber V. M., Tarkin I. S., Hildebrand F. et al. The timing of definitive fixation for major fractures in polytrauma – a matched-pair comparison between a US and European level I centres: analysis of current fracture management practice in polytrauma. *Injury.* 2011. Vol. 42, № 7. P. 650–654. doi: 10.1016/j.injury.2010.07.248.

417. Seif D., Perera P., Mailhot T. et al. Bedside ultrasound in resuscitation and the rapid ultrasound in shock protocol. *Crit Care Res Pract.* 2012. Vol. 2012. Article number 503254. doi: 10.1155/2012/503254.

418. Shellock F. G., Crues J. V. MR procedures: biologic effects, safety, and patient care. *Radiology.* 2004. Vol. 232, № 3. P. 635–652. doi: 10.1148/radiol.2323030830.

419. Shokoohi H., LeSaux M. A., Roohani Y. H. et al. Enhanced point-of-care ultrasound applications by integrating automated feature-learning systems using deep learning. *J. Ultrasound. Med.* 2019. Vol. 38, № 7. P. 1887–1897. doi: 10.1002/jum.14860.

420. Shumynskyi I., Sabadosh M., Gurianov V., Kopchak A. Predicting lethal outcome risks in patients with craniomaxillofacial trauma and polytrauma by the ISS

and NISS. *Gen. Surg.* 2022. Vol. 2, № 3. P. 13–19. <https://doi.org/10.30978/GS-2022-2-13>.

421. Simon B., Ebert J., Bokhari F. et al. Management of pulmonary contusion and flail chest: an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2012. Vol. 73, № 5, suppl. 4. S. 351–361. doi: 10.1097/TA.0b013e31827019fd.

422. Singleton J. A. G., Gibb I. E., Bull A. M. et al. Primary blast lung injury prevalence and fatal injuries from explosions: insights from postmortem computed tomographic analysis of 121 improvised explosive device fatalities. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2013. Vol. 75, № 2. S. 269–274. doi: 10.1097/TA.0b013e318299d93e.

423. Smith I. M., Naumann D. N., Marsden M. E. et al. Scanning and war: utility of FAST and CT in the assessment of battlefield abdominal trauma. *Ann. Surg.* 2015. Vol. 262, № 2. P. 389–396. doi: 10.1097/SLA.0000000000001002.

424. Sosna J., Sella T., Shaham D. et al. Facing the new threats of terrorism: radiologists' perspectives based on experience in Israel. *Radiology.* 2005. Vol. 237, № 1. P. 28–36. doi: 10.1148/radiol.2371040585.

425. Speelman E. S., Brocx B., Wilbers J. E. et al. The influence of arm positions on abdominal image quality of whole-body computed tomography in trauma: systematic review. *Emerg. Radiol.* 2020. Vol. 27. P. 141–150. <https://doi.org/10.1007/s10140-019-01732-w>.

426. Staub L. J., Mazzali Biscaro R. R., Kaszubowski E., Maurici R. Chest ultrasonography for the emergency diagnosis of traumatic pneumothorax and haemothorax: A systematic review and meta-analysis. *Injury.* 2018. Vol. 49, № 3. P. 457–466. doi: 10.1016/j.injury.2018.01.033.

427. Stefanopoulos P. K., Hadjigeorgiou G. F., Filippakis K., Gyftokostas D. Gunshot wounds: A review of ballistics related to penetrating trauma. *J. Acute Disease.* 2014. Vol. 3, № 3. P. 178–185. doi: 10.1016/S2221-6189(14)60041-X.

428. Stefanopoulos P. K., Mikros G., Pinalidis D. E. et al. Wound ballistics of military rifle bullets: An update on controversial issues and associated misconceptions.

J. Trauma Acute Care Surg. 2019. Vol. 87, № 3. P. 690–698. doi:10.1097/TA.0000000000002290.

429. Stevenson T., Carr D. J., Gibb I. E., Stapley S. A. Preliminary effect of projectile yaw on extremity gunshot wounding in a cadaveric animal model: a serendipitous study. *Int. J. Legal. Med.* 2020. Vol. 13, № 4. P. 1149–1157. doi: 10.1007/s00414-020-02271-7.

430. Stevenson T., Carr D. J., Stapley S. A. The effect of military clothing on gunshot wounding patterns in gelatine. *Int. J. Legal. Med.* 2019. Vol. 133, № 4. P. 1121–1131. doi: 10.1007/s00414-018-1972-8.

431. Strafun S., Kurinnyi I. M., Borzykh N. O. et al. Tactics of Surgical Treatment of Wounded with Gunshot Injuries of the Upper Limb in Modern Conditions. *Herald of Orthopaedics Traumatol Prosthetics.* 2021. № 2 (109). P. 10–17. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-109-2-10-17>.

432. Subedi N., Heire P., Parmer V. et al. Multimodality imaging review of the post-amputation stump pain. *Br. J. Radiol.* 2016. Vol. 89, № 1068. P. 20160572. doi: 10.1259/bjr.20160572.

433. Subramaniam S., Bober J., Chao J., Zehtabchi S. Point-of-care Ultrasound for Diagnosis of Abscess in Skin and Soft Tissue Infections. *Acad. Emerg. Med.* 2016. Vol. 23, № 11. P. 1298–1306. doi: 10.1111/acem.13049.

434. Suresh M. R., Valdez-Delgado K. K., VanFosson C. A. et al. Anatomic injury patterns in combat casualties treated by forward surgical teams. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2020. № 89, suppl. 2. P. S231–S236. doi: 10.1097/TA.0000000000002720.

435. Taber K. H., Warden D. L., Hurley R. A. Blast-related traumatic brain injury: What is known? *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 2006. Vol. 18. P. 141–145. doi: 10.1176/jnp.2006.18.2.141.

436. Tavares J., Ivo R., Gonzalez F. et al. Global Ultrasound Check for the Critically Ill (GUCCI) – a new systematized protocol unifying point-of-care ultrasound in critically ill patients based on clinical presentation. *Open Access Emerg Med.* 2019. Vol. 2019, № 11. P. 133–145. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S199137>.

437. Textbook of Pleural Diseases. 3rd ed. / eds. R. W. Light, Y. C. G. Lee. CRC Press, 2016. 675 p. <https://doi.org/10.1201/b19146>.

438. Thomas A. M. K., Banerjee A. K. The History of Radiology. Oxford University Press, 2013. 222 p.

439. Torres-Macho J., Antón-Santos J. M., García-Gutierrez I. et al. Initial accuracy of bedside ultrasound performed by emergency physicians for multiple indications after a short training period. *Am. J. Emerg. Med.* 2012. Vol. 30, № 9. P. 1943–1949. doi: 10.1016/j.ajem.2012.04.015.

440. Troop deaths, injuries in Ukraine war nearing 500,000 – NYT citing US officials. 2023 August 18. Updated 3 months ago. URL: <https://www.reuters.com/world/europe/troop-deaths-injures-ukraine-war-nearing-500000-nyt-citing-us-officials-2023-08-18>.

441. Troude P., Dozol A., Soyer P. et al. Improvement of radiology requisition. *Diagn Interv Imaging.* 2014. Vol. 95, № 1. P. 69–75. doi: 10.1016/j.diii.2013.07.002.

442. Tsema I. V. Amputations in combat-related patients within the area of hybrid war in the East of Ukraine. 47th World Congress of Surgery WCS 2017 : abstr. Switzerland : International Society of Surgery / Société Internationale de Chirurgie (ISS/SIC). 2017. P. 438.

443. Tsymbalyuk V. I., Abdullaev R. Ya., Lurin I. N., Dikan I. N., Bubnov R. V., Grechanyk O. I. Ultrasound of the spine, peripheral nerves and for pain management. Kharkiv : Fact, 2024. 194 p.

444. Undurraga P. V. J., Johnson C., Kelley S. et al. Missed injuries in combat casualties: Lessons from Iraq and Afghanistan. *Injury.* 2019. Vol. 50, № 5. P. 1138–1142. doi: 10.1016/j.injury.2019.01.005.

445. Vester M. E. M., Nolte K. B., Hatch G. M. et al. Postmortem Computed Tomography in Firearm Homicides: A Retrospective Case Series. *J. Forensic Sci.* 2020. Vol. 65, № 5. P. 1568–1573. doi: 10.1111/1556-4029.14453.

446. Viano D. C. Injury and death to armored passenger-vehicle occupants and ground personnel from explosive shock waves. *Sci. Rep.* 2023. Vol. 13, № 1. P. 2571. doi: 10.1038/s41598-023-29686-7.

447. Vinagre R., Tanaka P., Tardelli M. A. Competency-based anesthesiology teaching: comparison of programs in Brazil, Canada and the United States. *Braz. J. Anesthesiol.* 2021. Vol. 71, № 2. P. 162–170. doi: 10.1016/j.bjane.2020.12.026.

448. Vogel H., Dootz B. Wounds and weapons. *Eur. J. Radiol.* 2007. Vol. 63, № 2. P. 151–166. doi: 10.1016/j.ejrad.2007.04.026.

449. Volpicelli G. Sonographic diagnosis of pneumothorax. *Int. Care Med.* 2011. Vol. 37, № 2. P. 224–232. doi: 10.1007/s00134-010-2079-y.

450. Walker A., Murchison J., Beek E., Ritchie G., Sharkey J. Chest radiographs and the elusive lung cancer. *Dig. Med.* 2016. Vol. 2, № 3. P. 120–126. doi: 10.4103/2226-8561.194700.

451. Weil Y. A., Petrov K., Liebergall M., Mintz Y., Mosheiff R. Long bone fractures caused by penetrating injuries in terrorists attacks. *J.Trauma.* 2007. Vol. 62, № 4. P. 909–912. doi: 10.1097/01.ta.0000197178.90194.3e.

452. Wen Y., Xu C., Jin Y., Batra R. C. Rifle bullet penetration into ballistic gelatin. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2017. Vol. 67. P. 1–25. doi: 10.1016/j.jmbbm.2016.11.021.

453. Whiley S. P., Alves H., Grace S. Full-body x-ray imaging to facilitate triage: a potential aid in high-volume emergency departments. *Emerg. Med. Int.* 2013. Vol. 2013. Article ID 437078. doi: 10.1155/2013/437078.

454. Wong T. H., Krishnaswamy G., Nadkarni N. V. et al. Combining the new injury severity score with an anatomical polytrauma injury variable predicts mortality better than the new injury severity score and the injury severity score: a retrospective cohort study. *Scand. J. Trauma Resusc Emerg. Med.* 2016. Vol. 24. P. 25. doi: 10.1186/s13049-016-0215-6.

455. Wongwaisayawan S., Suwannanon R., Sawatmongkorngul S., Kaewlai R. Emergency thoracic US: the essentials. *Radiographics.* 2016. Vol. 36, № 3. P. 640–659. doi: 10.1148/rg.2016150064.

456. Woodward E. B., Clouse W. D., Eliason J. L. et al. Penetrating femoropopliteal injury during modern warfare: experience of the Balad Vascular

Registry. *J. Vasc. Surg.* 2008. Vol. 47, № 6. P. 1259–1264; discussion P. 1264–1255. doi: 10.1016/j.jvs.2008.01.052.

457. Wright J. *A History of War Surgery*. Amberley Publishing, 2011. 288 p.

458. Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K. et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med.* 2011. Vol. 37, № 9. P. 1488–1493. doi: 10.1007/s00134-011-2317-y.

459. Xue Y. Q., Wu C. S., Zhang H. C. et al. Value of lung ultrasound score for evaluation of blast lung injury in goats. *Chin. J. Traumatol.* 2020. Vol. 23, № 1. P. 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2019.11.005>.

460. Yazgan C., Aksu N. M. Imaging features of blast injuries: experience from 2015 Ankara bombing in Turkey. *Br. J. Radiol.* 2016. Vol. 89, № 1062. 20160063. <https://doi.org/10.1259/bjr.20160063>.

461. Yousef R., Carr J. A. Blunt cardiac trauma: a review of the current knowledge and management. *Ann. Thorac. Surg.* 2014. Vol. 98, № 3. P. 1134–1140. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.04.043.

462. Zadeh E. S., Görg C., Prosch H. et al. The Role of Thoracic Ultrasound for Diagnosis of Diseases of the Chest Wall, the Mediastinum, and the Diaphragm—Narrative Review and Pictorial Essay. *Diagnostics.* 2023. Vol. 13, № 4. P. 767. doi: 10.3390/diagnostics13040767.

463. Zerbini T., Silva L. F., Ferro A. C. et al. Differences between postmortem computed tomography and conventional autopsy in a stabbing murder case. *Clinics (Sao Paulo).* 2014. Vol. 69, № 10. P. 683–687. doi: 10.6061/clinics/2014(10)06.

464. Zhang J. K., Botterbush K. S., Bagdady K. et al. Blast-Related Traumatic Brain Injuries Secondary to Thermobaric Explosives: Implications for the War in Ukraine. *World Neurosurg.* 2022. Vol. 167. P. 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.08.073>.

465. Ziembra R. Types of injuries among Polish soldiers and civilian staff in the 7th, 8th, 9th and 10th rotation of the Afghan stabilization mission. *Med. Sci. Monit.* 2012. Vol. 18, № 3. SR9-15. doi: 10.12659/msm.882503.

466. Ziesmann M. T., Park J., Unger B. J. et al. Validation of the quality of ultrasound imaging and competence (QUICk) score as an objective assessment tool for the FAST examination. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2015. Vol. 78, № 5. P. 1008–1013. doi: 10.1097/TA.0000000000000639.

467. Zimmerman J. M., Coker B. J. The Nuts and Bolts of Performing Focused Cardiovascular Ultrasound (FoCUS). *Antstth. Analg.* 2017. Vol. 124, № 3. P. 753–760. doi: 10.1213/ANE.0000000000001861.