

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНИЙ КЛІНІЧНИЙ ЦЕНТР  
«ГОЛОВНИЙ ВІЙСЬКОВИЙ КЛІНІЧНИЙ ГОСПІТАЛЬ»  
ДЕРЖАВНЕ НЕКОМЕРЦІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ РАКУ»**

**ГРЕЧАНИК ОЛЕНА ІВАНІВНА**

УДК 616–001.3/.5–073.7]:355/359«20»

**ПРОМЕНЕВА ДІАГНОСТИКА БОЙОВОЇ ХІРУРГІЧНОЇ ТРАВМИ**

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

**РЕФЕРАТ**  
**дисертації на здобуття наукового ступеня**  
**доктора медичних наук**

**Київ – 2024**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному військово-медичному клінічному центрі  
«Головний військовий клінічний госпіталь»

**Офіційні опоненти:** доктор медичних наук, професор  
**Щербіна Олег Володимирович,**  
Національний університет охорони здоров'я  
України імені П. Л. Шупика МОЗ України,  
професор кафедри ядерної медицини, радіаційної  
онкології та радіаційної безпеки

доктор медичних наук, професор  
**Танасічук-Гажисва Наталія Володимирівна,**  
Національний медичний університет  
імені О.О. Богомольця МОЗ України,  
професор кафедри радіології та радіаційної  
медицини

доктор медичних наук  
**Тертишний Сергій Володимирович,**  
Одеський національний медичний університет  
МОЗ України,  
доцент кафедри медицини катастроф та військової  
медицини

Захист відбудеться «18» вересня 2024 року о 13 год 00 хв  
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.560.01  
при ДНП «Національний інститут раку»  
(03022, м. Київ, вул. Юлії Здановської, 33/43).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці  
ДНП «Національний інститут раку»  
(03022, м. Київ, вул. Юлії Здановської, 33/43).

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
кандидат медичних наук

Г. В. Лаврик

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**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 тяжкості (Berwick D. et al., 2016; Дикан І. М., 2017; Гур'єв С. О. та співавт., 2017; Хоменко І. П., Лурін І. А., 2022; Cooper H. et al., 2023). 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 високоенергетичне сучасне озброєння, модернізовану військову техніку, поєднує та комбінує вогневе ураження. Це змінило частоту, характер, структуру й тяжкість бойової хірургічної травми та ускладнило медико-діагностичну допомогу на всіх рівнях медичного забезпечення (Цимбалюк В. І., Хоменко І. П., Лурін І. А., та співавт., 2022, 2023).

Незважаючи на медико-технічне оснащення рівнів медичного забезпечення (РМЗ) діагностичними модулями, впровадження сучасних інструментальних методів візуалізації, вдосконалення методів хірургічного лікування – бойова хірургічна травма залишається однією з провідних причин тимчасової й стійкої втрати боєздатності та летальності (Бадюк М. І. та співавт., 2016; Білий В. Я. та співавт., 2016, 2012, 2023). 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. 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 (Принципи і політика медичного забезпечення Сил оборони, 2021; Доктрина «Медичні сили Збройних Сил України», 2020, 2021).

На структуру бойової травми (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 хірургічної травми у сучасній війні (Ярмолюк Ю. О., 2018; Цимбалюк В. І. та співавт., 2021; Герасименко О. С., 2021; Grechanyk O., Abdullaev R., Dykan I., Bubnov R., Yarosh T., Holub V., Gurianov R., 2024).

Таким чином, актуальність проблеми обумовлена як тяжкістю, поліваріантністю поранень, травм сучасними видами зброї, недосконалістю діючої системи медичної візуалізації, рівнем технічного оснащення етапів медичної евакуації, 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 (БУ) та хірургії 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 тяжкості травми, важкості стану, встановлення візуальних ознак бойових ушкоджень гострої травми та ускладнень для вдосконалення діагностичної, лікувальної тактики, покращення лікування на РМЗ із застосуванням технічних здобутків ранової балістики, сучасної військової радіології, хірургії, телемедицини, покращення та вдосконалення системи медичної візуалізації бойової хірургічної 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 бронежилетів» (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 багатофакторну (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 (ГКО), 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 (РГ), ультразвукова діагностика (УЗД), мультidetекторна комп'ютерна томографія (МДКТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ), рентгівська ангіографія (РАГ) 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 (РК), анатомо-функціональних зон бойового ураження в експерименті;

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

- системний аналіз (системно-функціональний, системно-структурний, системно-аналітичний) – послідовне проведення багатofакторного 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 ангіографії;

- 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 ранячого снаряду та за його межами. Обґрунтовано доцільність застосування рентгеноконтрастних методів медичної візуалізації бойової травми в анатомо-функціональній зоні (АФЗ) 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 важкому 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 (БК) 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 карбіду 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  $K_p$  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 болосне контрастне сканування у різні фази (в артеріальну фазу – ангіографія 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  $\leq 40$  %. 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 променеву діагностику ускладнень бойової хірургічної травми.

Завдяки використанню візуальних ознак ушкоджень гострого експерименту, розроблених схем, алгоритмів діагностики, виявленню візуальних ознак бойових ушкоджень та ускладнень бойової травми, бального оцінювання для прогнозу виживання, визначенню факторів ризику летальних випадків та зв'язку ускладнень із механізмами смерті, при застосуванні променевої 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 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, зсувнохвильової 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); 40<sup>th</sup> 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.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Матеріали та методи дослідження.** Робота ґрунтувалася на досвіді надання діагностичної допомоги 1014 постраждалим (пораненим/травмованим) із тілесними ушкодженнями, які брали участь у Революції Гідності (м. Київ, з 21 листопада 2013 по 21 лютого 2014 р.), військовослужбовцям із бойовою хірургічною травмою, які отримали в АТО/ООС на сході України (в період з березня 2014 по кінець 2022 р.) та у повномасштабній російсько-українській війні з 24 лютого 2022 р. по кінець 2023 р. Загальний масив постраждалих із бойовою хірургічною травмою різної локалізації розподілено на 2 клініко-діагностичні 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 II–III РМЗ – 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.

У масиві спостереження клініко-діагностичних груп кількість постраждалих у основній II групі було 653 поранених і травмованих, з яких 583 (89,3 %) вижили, а 70 (10,7 %) померли; у порівняльній I групі – 361 особа, з яких 326 (90,3 %) вижили, а 35 (9,7 %) померли.

Для встановлення особливостей структурно-функціональних змін та візуально-балістичних ознак бойових ушкоджень при застосуванні противником різних видів зброї опрацьовано 1014 карт стаціонарного хворого, які проходили хірургічне лікування у НВМКЦ «ГВКГ» (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 квітня 2012 р. за № 682/20995). 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 дослідження – РГ, МДКТ (з контрастуванням  $\text{I}_2$  підгрупа, без контрастування  $\text{I}_1$  підгрупа), МРТ, РАГ, УЗД та візуальний контроль на IV РМЗ (у НВМКЦ «ГВКГ») 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 дослідження за різний дослідний період.

З метою оцінки ефективності та безпеки рентгеноконтрастних променевих методів дослідження, а також можливості їх застосування при вогнепальних пораненнях (кульових, осколкових), вибуховому пораненні, вибуховій травмі проведено модельний балістичний експеримент за участю тварин (біологічний об'єкт – кози), із дотриманням вимог «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Протокол №03/09-19 від 24 вересня 2019 р.; Протокол №97/2019 від 17 жовтня 2019 р.). Кози зааненської породи порівняно з іншими тваринами (свиня, кінь, собака, кішка, кролик, вівці) мають подібні до людини джерела артеріального кровопостачання головного мозку, морфологічні, фізіологічні особливості будови органів черевної та грудної порожнин. Їм притаманні співставлені з людиною маса тіла, подібність за будовою і функціонуванням серцево-судинна, дихальна, травна системи, система гемостазу. Також, перевагою у цих тварин була подібність до анатомії судинного русла людини для проведення катетеризації під контролем УЗД та 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. Після загального знеболення тварин використано дві експериментальні серії: I серія – 2 тварини (зразок №1, №2), здійснено постріли у відкриті АФЗ, застосували стрілецьку зброю: АК-74 (автомат Калашнікова, бойова куля калібр 5,45 мм індекс 7Н10, відстань до зразка 10,3 м; 2) снайперська гвинтівка Драгунова, БК калібр 7,62 мм, змодельована дистанція 300 м; II серія – 4 тварини (зразок №3, №4, №5, №6), постріли у закриті АФЗ застосували: пістолет Макарова, БК калібру 9,0 мм з відстані 30 м (бронезилет 4 класу захисту); снайперська гвинтівка Драгунова, БК калібр 7,62 мм, змодельована дистанція 300 м (бронезилет 4 класу захисту); кулемет НСВТ, БК калібру 12,7 мм, змодельована дистанція 300 м (бронепластина товщиною 19 мм). До балістичних випробувань експериментальним тваринам проведено РГ, УЗД, МДКТ для вивчення нормальної ехо-, КТ-анатомії та моніторинг вітальних функцій. Оцінка рівня свідомості проводилася по шкалі Neurologic Severity Score (NSS), (до випробувань – відсутність неврологічного дефіциту (0 балів), після балістичних випробувань – 32 бали, що відповідало тяжкому ушкодженню головного мозку). У комбінованих балістичних біологічних імітаторах проаналізували дані шести МДКТ досліджень (три з контрастуванням), семи УЗД, РГ, шести вульнерографій (фістулографій) РК та ушкоджень різної локалізації для обґрунтування вибору візуально-балістичної моделі різних видів бойових ушкоджень. Для вивчення візуально-балістичної та волюмометричної характеристики ранових каналів внутрішніх органів людини, в експерименті у 20 % желатинові блоки здійснено серії пострілів із відстані 10 м, 100 м, 250 м, 300 м БК калібру 5,45 мм, патрона 7Н39 із карбиду вольфраму з перешкодою металевих пластин товщиною 6 мм. Балістичні випробування проводились в умовах температури навколишнього середовища +20 °С, відносної вологості повітря 75 %, атмосферного тиску 754 мм рт. ст. у науково-дослідному центрі експертизи, сертифікації та випробувань захисних індивідуальних броньованих засобів НУОУ.

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

Статистична обробка результатів виконана в пакеті EZR v. 1.64 (graphical user interface for R statistical software version 4.3.1, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) (Kanda Y., 2013). При проведенні аналізу якісних ознак та показника відносного ризику (RR) застосовували точний критерій Фішера або критерій хі-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, діагностичну ефективність методів (чутливість, специфічність, точність, прогностична значущість). Під час аналізу за критичний рівень значущості прийнято 0,05.



## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

**Експериментальне обґрунтування ефективності застосування променевих методів медичної візуалізації бойової хірургічної травми.** Складність морфо-функціональних змін внаслідок вогнепальних поранень, значення своєчасної та якісної променевої діагностики, балістична, організаційна, лікувальна, діагностична особливості груп спостереження, відсутність у провідних керівництвах з військової хірургії та радіології розділів з медичної візуалізації бойової травми, методик їх проведення, опису візуальних ознак бойових ушкоджень, ускладнень бойової травми, спонукало до здійснення модельного балістичного експерименту на біологічних та небіологічних об'єктах. За результатами балістичних випробувань на комбінованих балістичних біологічних імітаторах було з'ясовано та вивчено особливості вогнепальних поранень (кульових, осколкових) та зімітовано осколково-направлене ураження. У балістичних імітаторах із 22 пострілів встановлено 18 бойових ушкоджень різних локалізацій анатомо-функціональних зон, з них: загалом без ранових каналів – 3 випадки; наскрізних РК – 5 випадків; сліпих РК – 10 випадків. Перевага сліпих поранень свідчила про необхідність введення рентгеноконтрастного засобу (Тріомбрасу, 20–40 мл) у вхідні отвори РК та проведення вальвернографії (фістулографії) з гібридною методикою: після оглядової рентгенографії голови, шиї, грудної, черевної порожнин, таза, проєкцій кульшових суглобів, кінцівок – МДКТ у режимі сканування *Full Body Scan* балістичних зразків (рис. 1, 2).

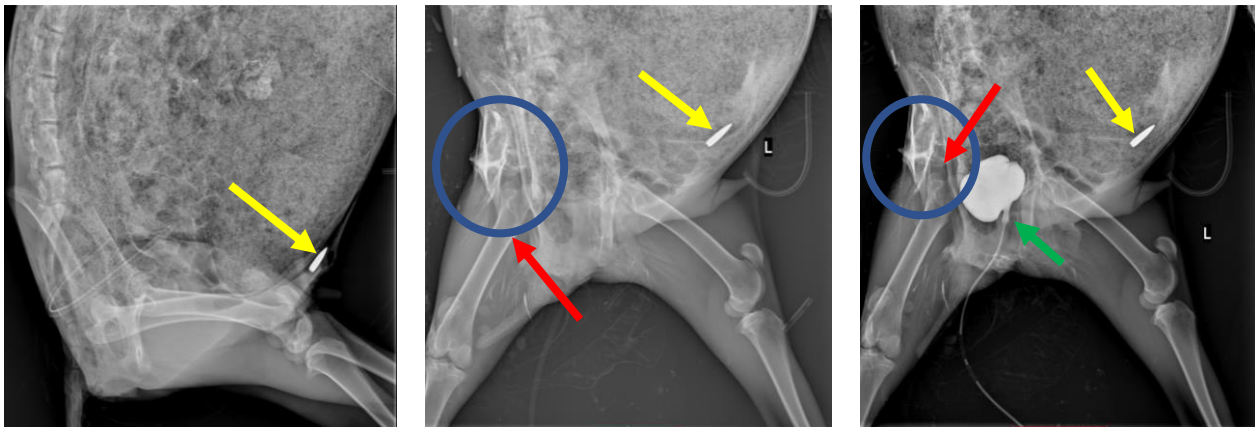


Рис. 1. Фістулографія абдомінальної, тазово-кульшової АФЗ. Вхідний отвір, абдомінальна АФЗ. Сліпий РК. Кульове проникне поранення передньої стінки живота. БК 26,48x5,2 мм (калібру 5,45 мм, 7Н10), розташована підшкірно до апоневрозу на рівні кульшових суглобів (жовта стрілка). Контрастована обмежена ділянка 86x17 мм 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)

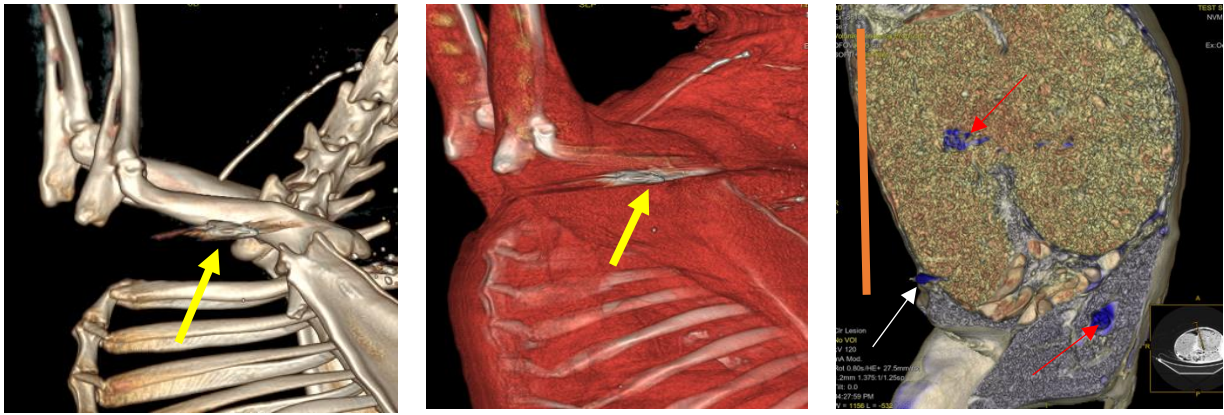


Рис. 2. МДКТ балістичного зразка вогнепального поранення стрілецькою зброєю. 3D реконструкція. Сторонні тіла вогнепального походження – куля калібру 5,45 мм, 7Н10 (жовта стрілка). Зображення 3D рендеринг. Помаранчева лінія – бронепластина. Відкольний фрагмент кулі 7,62 мм (біла стрілка). Контраст в черевній порожнині, тазово-кульшовій АФЗ (червона стрілка)

Отримані дані свідчили про поєднані, множинні поранення різних анатомо-функціональних зон комбінованих балістичних біологічних зразків. Із застосуванням променевої рентгеноконтрастних досліджень додатково діагностовано тяжкі множинні бойові ушкодження анатомічних структур, органів, із поєднанням ушкоджень декількох анатомічних порожнин, із вхідними отворами, візуалізованими рановими каналами, а також закриті бойові ушкодження (заброневу травму – вибухова травма легень, закрыта та відкрита черепно-мозкова травма, інші бойові травми): краніо-цервікальної, торакокардіальної, торакоабдомінальної, тазової, кульшової анатомо-функціональних зон. У гістологічних зразках біоптатів ушкоджених тканин виявлено ознаки деструкції, поліморфності, «клітинні пустоти», зони крововиливів, некрозу клітин, зміну міжклітинної речовини в контакт з осколками (рис. 3).

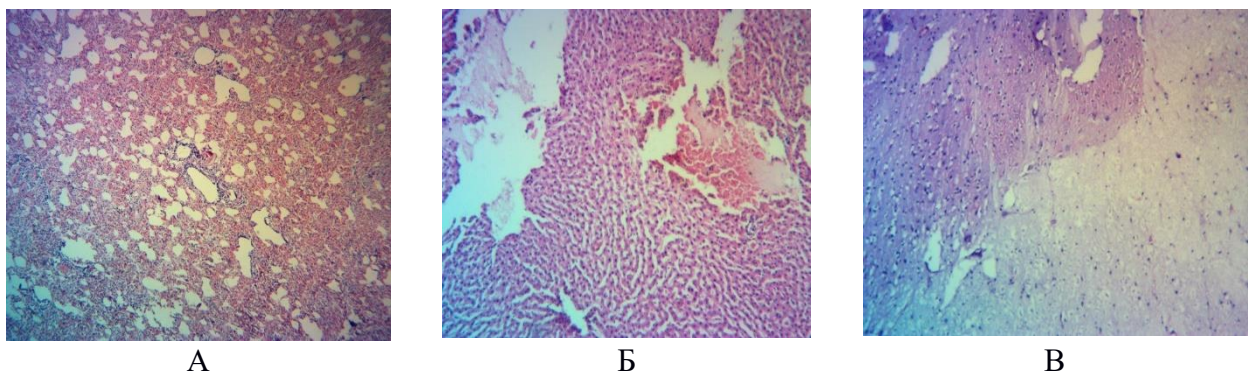


Рис. 3. Гістологічні зразки біоптатів ушкоджених тканин. А – Деструкція альвеол. Б – Деструкція гепатоцитів. В – Некроз спинного мозку на межі контакту з осколком

В гострому експерименті проаналізовано результати візуально-балістичних ознак бойових ушкоджень та встановлено: пневмоцефалію ( $-953 \pm 30$  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 ( $-973 \pm 20$  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 ( $-110 \pm 12$  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), СТВП (куля, сердечник, щільність 3071 од. НУ; осколки оболонки, щільність 3046–3067 од. НУ), сторонні тіла невогнепального походження (кісткові уламки, щільність  $1090 \pm 20$  од. НУ).

З метою вивчення ушкоджуючої дії БК калібру 5,45 мм патрона 7Н39 із карбиду вольфраму, у двох серіях 20 % желатинових блоках томографічно у 3D рендерингу вивчили та провели балістичну волюмометрію ранових каналів. Щодо балістико-волюмометричної їх характеристики було встановлено: розщеплення ранових каналів, візуалізацію дистальної та проксимальної осколкової доріжки, роз'єднання шарів желатину, розтрощення, зміну форми блока у разі 3–5 пострілів у нього, а також наявність пухирців газу у РК з дистанції пострілів 250–300 м (рис. 4).

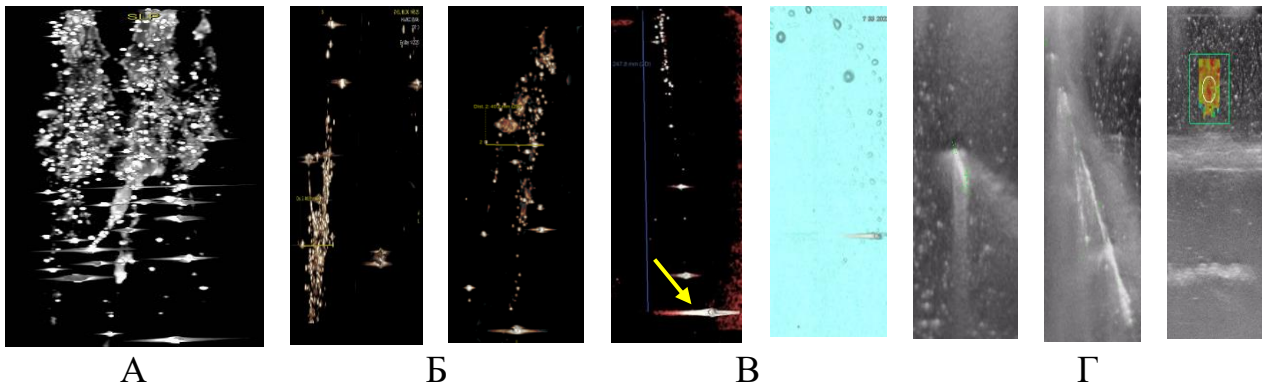


Рис. 4. Візуально-балістичні ознаки ранових каналів. А, Б, В – Томографічна оцінка 3D реконструкція: А – Мультиосколкові ранові канали. Б – Розщеплені ранові канали (відстань 10 м, 100 м). В – Візуальна ознака дистальної локалізації лідируючого осколка (відстань 250 м) (жовта стрілка). Візуальна ознака пухирців газу в РК (відстань 300 м). Г – Ехограми осколка, ранового каналу, соноеластографія (СЕГ) зони кавітації желатину (СЕГ 38 кПа)

Рентгенівська щільність осколків «сорочки», оболонки БК у РК була 3050 од. НУ, сердечника – 3071 од. НУ. У розщеплених РК щільність осколків відрізнялася – від 1450 од. НУ до 3047 од. НУ, що свідчило про пошкодження бронепластины. Показник еластичності ранових каналів у 20 % желатині був ( $39 \pm 11$ ) кПа, осколків ( $210 \pm 35$ ) кПа. Розраховано балістичну волюмометрію ранових каналів 20 % желатинових блоків; встановлено, що найбільший об'єм каналу був при більшій його глибині: об'єм 1-го РК  $106,6 \text{ см}^3$  (глибина 19,4 мм); об'єм 2-го РК  $87,8 \text{ см}^3$  (глибина 19,1 мм); об'єм 3-го РК  $156,1 \text{ см}^3$  (глибина 39,2 мм); об'єм 4-го РК  $156,6 \text{ см}^3$  (глибина 42,7 мм); об'єм 5-го РК  $250,6 \text{ см}^3$  (глибина 43,2 мм).



На желатинових блоках та біологічних балістичних імітаторах визначено прогностичний індекс у відсотках з пороговим значенням 40 %. Об'єм РК кардіальної АФЗ біологічного об'єкту –  $V 583,4 \text{ см}^3$ , торакальної зони –  $V 368,4 \text{ см}^3$  – переважали над іншими локалізаціями. Сума прогностичних індексів  $j 24,5 \%$ ,  $3,3 \%$  та  $32,8 \%$  відповідно ушкоджених АФЗ перевищила  $50 \%$  ( $j = 60,6 \%$ ), що свідчило про несприятливий прогноз на виживання (смерть біологічного зразка). З врахуванням тяжкості травми та загибелі зразків дослідних тварин, застосування введення рентгеноконтрастного йодовмісного засобу у РК (вувльнерографії, фістулографії) з оглядовою рентгенографією та МДКТ, забезпечили променеви 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 біологічних зразків, 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 направленою потоку (рис. 5).

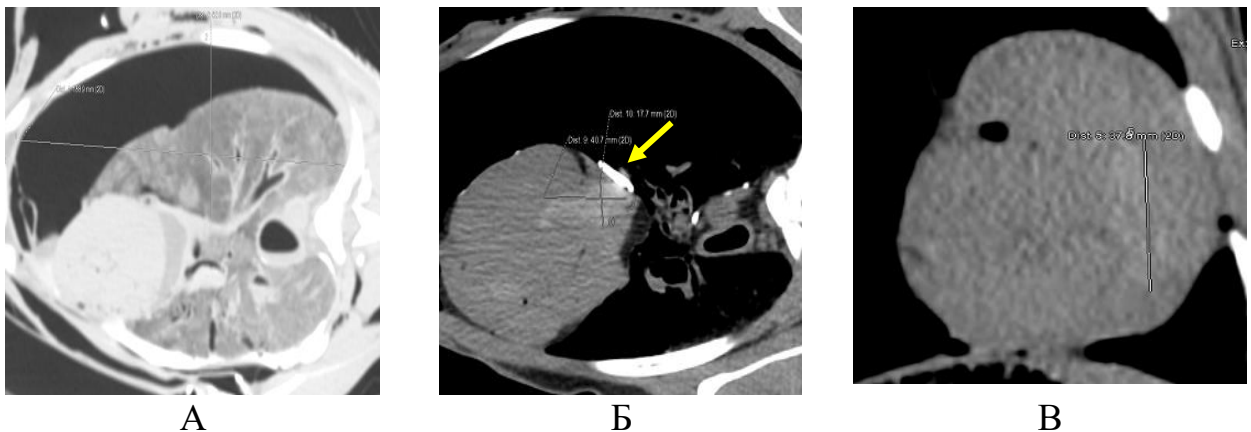


Рис. 5. Візуально-балістична модель вогнепального торако-кардіального поранення (несприятливий прогноз, індекс  $j > 60 \%$ ). А – Експериментальний пневмоторакс, щільність  $-943$  од. НУ; вибухова травма легень, щільність  $-213$  од. НУ. Гематома серця, щільність  $+56$  од. НУ. Б – рентгеноконтрастна речовина в перикарді, щільність  $3070$  од. НУ (жовта стрілка). В – Газ у камері серця, гематома

Розроблений діагностичний підхід дозволив застосовувати МДКТ із контрастуванням у постраждалих із бойовою хірургічною травмою у важкому та вкрай тяжкому стані, з поліорганною, нирковою недостатністю.

**Багатофакторний аналіз постраждалих із бойовою хірургічною травмою для виявлення фактора ризику летального випадку.** З бойового та медичного анамнезу загального масиву обстежених ( $n=1014$ ) проаналізована безпосередньо ушкоджуюча дія та багатовекторний вплив вогнепальної зброї. У групах спостереження за факторами та явищами визначилися особливості та

деякі відмінності (табл. 1). Не виявлено відмінності між групами за середнім віком – 34 роки ( $p=0,271$ ). Групи спостереження не відрізнялися за статтю, наявністю бойового досвіду, ризиком летального випадку ( $p=0,780$ ;  $p=0,265$ ;  $p=0,667$ ).

Таблиця 1

**Клініко-епідеміологічна та балістична  
характеристика груп спостереження**

Показник/ознака, n=1014		Група спостереження, n (%)		Рівень значущості відмінності, p
		порівняльна I, n=36	основна II, n=653	
Бойова хірургічна травма (невогнепальна травма)	невогнеп. травма	88 (24,4)	43 (6,6)	<0,001
Бойова хірургічна травма (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, бронежилет, 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.

У порівняльних групах відмінність виявлена за типом бойової травми: в I групі 24,4 % невогнепальної травми, у основній II групі – 6,6 % випадків; у порівняльній I групі 37,1 % вогнепальні кульові, осколкові поранення, у основній II групі 26,0 % випадків ( $p<0,001$ ). В основній II групі спостерігалось зміщення розподілу абсолютних та відносних показників 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 повномасштабною війною, застосуванням противником високоенергетичної зброї (рис. 6, 7).



Рис. 6. Вогнепальне кульове поранення скроневої ділянки голови постраждалого С., 32 р. Порівняльна І група

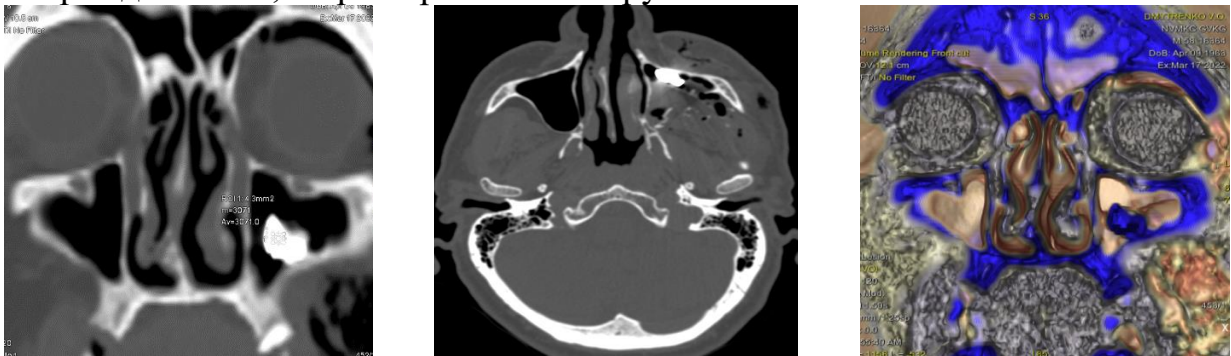


Рис. 7. Візуально-балістичний приклад вибухової травми у постраждалого Д., 38 р. Основна ІІ група. Осколок лівої верхньощелепної пазухи

У групах спостереження проаналізовано візуально-балістичні ознаки з порівнянням параметрів балістичної та небалістичної волюмометрії (об'єм ранових каналів, зон бойових ушкоджень, АФЗ бойових уражень, обчислено вітальний прогностичний індекс  $j$  (%) за формулою відсоткового співвідношення об'єму ушкодженої АФЗ до об'єму РК, ділянок БУ (табл. 2).

Таблиця 2

**Порівняльний візуально-балістичний та волюмометричний розподіл бойової хірургічної травми**

Волюмометричний показник/індекс $\text{см}^3/\text{j}$ (%)	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 БУ, ( $\text{см}^3$ )	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, ( $\text{см}^3$ )	2134 (362–2139)	1827,5 (956,9–2432)	2091,75 (1305–2973,6)	1949,5 (1342–2492)	0,078
Вітальний прогностичний індекс, $j$ (%)	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 (Q1–Q3). Порівняння проводилося за критерієм Крускала-Уолліса.



Статистичну недостовірність візуально-балістичних та волюмометричних параметрів [ $V_{PK}$ , ділянок БУ;  $V_{AF3}$ ;  $j$  (%)], ( $p=0,562$ ,  $p=0,078$ ,  $p=0,198$  відповідно) можна пояснити тяжкістю та значним обсягом ушкоджень різної локалізації незалежно від типу бойової хірургічної травми, внаслідок механічного та багатofакторного ушкоджуючого впливу вогнепальної зброї, невогнепальної травми. Тому найвищим балом під час візуального оцінювання тяжкості травми було 11 та 10 балів. У основній II групі ризик летального випадку спостерігався у постраждалих із бойовою хірургічною травмою, що пов'язано з багатовекторною ушкоджуючою дією сучасної вогнепальної зброї, поєднанням стрілецької зброї та важкого озброєння, комбінацією вогневого ураження у сучасній війні.

Під час ретроспективного вивчення медичних карт стаціонарного хворого (форма №003/о), аналізу статистичних показників роботи відділень та дефектів у наданні медичної допомоги пораненим, травмованим встановлено, що у 52 % випадкаів були множинні, поєднані, комбіновані поранення, а дефекти та недоліки діагностики пов'язані з догоспітальною допомогою. 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. Крім організаційно-діагностичного аналізу в масиві обстежених, клінічне спостереження було спрямовано на лікувально-діагностичний напрямок діяльності на РМЗ. Якщо у НВМКЦ «ГВКГ» променеві дослідження проводилися всім післяопераційним постраждалим із БТ, то на II, III РМЗ спостерігалися випадки, коли постраждалих не оперували, але променеві методи діагностики застосовували. Найбільша кількість операцій за медіаною значення було 5 на IV РМЗ, що обґрунтувало найбільшу кількість проведених променевих досліджень у НВМКЦ «ГВКГ». 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 ( $p<0,001$ ). Із узагальнених даних організаційно-діагностичного, лікувально-діагностичного, клінічного спостереження виникла необхідність у розрахунку потреби у променевих методах для дотримання тактики візуального контролю бойових ушкоджень на IV РМЗ у порівняльних групах (табл. 2).

Таблиця 2

Променеві дослідження	Порівняльна I група, n=207		Основна II група, n=807			
	умовний показник	m % t	II <sub>1</sub> , n=78		II <sub>2</sub> , (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
РГ	0,734	0,114	1,372	0,256	0,630	0,054
УЗД	2,628	0,205	2,833	0,042	2,037	0,004
МДКТ	0,072	0,037	1,769	0,033	0,567	0,002

У групах спостереження 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 бойової хірургічної травми»: на одного постраждалого 3 УЗД; 1 РГ; 1 (0) МДКТ) (в умовах масового поступання можна рахувати на 10, 100 та більше поранених, травмованих). Результати порівняння розподілів у групах як в цілому, так і попарно за критерієм  $\chi^2$  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 II<sub>2</sub> підгрупі –  $(55,8 \pm 1,9) \%$ , у II<sub>1</sub> підгрупі відповідно  $(45,6 \pm 4,4) \%$ . МДКТ максимально ефективно використовували для надання радіологічної допомоги найбільшій кількості поранених і хворих. Застосування МДКТ значимо превалювало ( $p < 0,001$ ) в клінічній радіології бойової хірургічної травми з II до IV РМЗ:  $(2,7 \pm 1,3) \%$ ,  $(24,4 \pm 3,5) \%$ ,  $(73,0 \pm 3,7) \%$  відповідно. На IV РМЗ МДКТ використовувалась у  $(28,5 \pm 4,0) \%$  постраждалих без контрастування та у  $(15,5 \pm 1,4) \%$  постраждалих за життєвими показаннями, з контрастуванням. У  $(2,1 \pm 1,1) \%$  випадків томографічний метод був використаний на II РМЗ у поранених із бойовою нейрохірургічною травмою.

Хірургічна тактика, терміни, обсяг, послідовність виконання хірургічних операцій та променевих методів діагностики повинні бути обґрунтованими, з врахуванням бойового та медичного анамнезу, типу бойової хірургічної травми, локалізації, кількості бойових ушкоджень, тяжкості травми, важкості стану постраждалого, що неможливо без об'єктивізації клінічної оцінки тяжкості травми та важкості стану у післяопераційних поранених, травмованих (Гур'єв С. О., 2017; Speelman E. et. al., 2020; Заруцький Я. Л., 2023). Передумовою створення медико-візуальної шкали (МВШ) для об'єктивізації тяжкості травми, важкості стану був інтегральний аналіз результатів стандартизованої бальної оцінки тяжкості травм за варіантами шкал ISS, PRS, ATS, AIS-90, RTS, що вказав на недостовірність та неможливість використання їх у разі бойової травми в Україні. Тому, ґрунтуючись на стандартизованій оціночній шкалі Гур'єва Кравцова Ордатія (ГКО, 2018, 2019) створена гібридна, нестандартизована шкальна система, яка включила візуально-балістичні ознаки бойових ушкоджень у бальному значенні тяжкості травми, важкості стану постраждалого:

I. Введення в шкалу критеріїв «травматична ампутація кінцівки», «травматична ампутація органа», візуальних ознак «ушкодження магістрального нервово-судинного пучка», «бойова травма ока», «бойова травма спинного мозку» + 11 балів.

II. 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.

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

IV. Виявлення СТВП (БК, металеві осколки, фрагменти снарядів, обшивки боеприпасів), локалізація, розміри, щільність + 5 балів, сторонні тіла невогнепального походження (СТНВП) (кісткові уламки, сторонні тіла медичного призначення) + 2 бали.

При порівнянні ступеня зв'язку шкали ISS зі шкалами МВШ та ГКО для обґрунтування точності прогнозування ризику тяжкості травми, важкості стану 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 %) більше адаптована до шкали ISS, де враховуються анатомічні полісистемні та поліорганні ушкодження порівняно із шкалою ГКО (критичне значення 21 бал), чутливість тесту складає 95,6 % (95 % ДІ 88,3 %–99,0 %), специфічність 49,3 % (95 % ДІ 45,9 %–52,8 %). МВШ достовірно корелювала із тяжкістю травми, важкістю стану, що дозволило відобразити та застосовувати візуально-балістичні ознаки додатково до об'єктивної клінічної оцінки тяжкості травми, стану. При порівняльному аналізі груп спостереження виявлено, що ступінь тяжкості БТ та важкості стану у постраждалих основної II групи був вищий, ніж у постраждалих I групи ( $p < 0,001$ ). Тяжкість травми та важкість стану були обумовлені вибуховим пораненням та вибуховою травмою ( $p < 0,05$ , для всіх груп). Щодо зв'язку важкості стану постраждалих із бойовою хірургічною травмою та індексу маси тіла (ІМТ) встановлено, що важчий стан, тяжка травма у постраждалих з ІМТ ( $< 18,5 \text{ кг/м}^2$ ), тобто недовагою, були вищі ( $p < 0,05$ ), ніж у постраждалих із нормальною вагою при ІМТ ( $18,5\text{--}24,9 \text{ кг/м}^2$ ) ( $p = 0,003$  за критерієм Крускала-Уолліса). Наші дані відрізняються від повідомлення (Чемерис О. М., Хіміч С. Д., 2018), де тяжкість травми прямо пропорційно залежить від зростання ІМТ у постраждалих із політравмою. Отримані дані показують обернену залежність ІМТ від тяжкості травми, важкості стану, з переважанням тяжкої травми у постраждалих із недовагою, що можна пояснити розвитком післяопераційних ускладнень, рановим, травматичним виснаженням. Для клінічного, лікувально-діагностичного значення було оцінено функціональний нирковий показник, із визначенням рівня креатиніну в плазмі та порівняно з тяжкістю травми, важкістю стану (табл. 3).

Таблиця 3

**Взаємозв'язок між показниками рівня креатиніну в плазмі, тяжкості травми, важкості стану постраждалого**

Рівень креатиніну в плазмі	Стан постраждалого із бойовою хірургічною травмою				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 статистично значимо ( $p < 0,001$ ) зростала із збільшенням показника рівня креатиніну в плазмі, а відмінність між групами розподілу від легкого до вкрай тяжкого стану статично значуща ( $p < 0,05$ ). Застосування рентгеноконтрастних засобів для проведення МДКТ з контрастуванням було виправдано діагностичною необхідністю та умовною безпекою для досягнення діагностичної мети за життєвими показаннями, та з метою скорочення діагностичного періоду. Постраждалі 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 високоенергетичної зброї, важкого реактивного, авіаційного озброєння в умовах бойових дій повномасштабної війни.

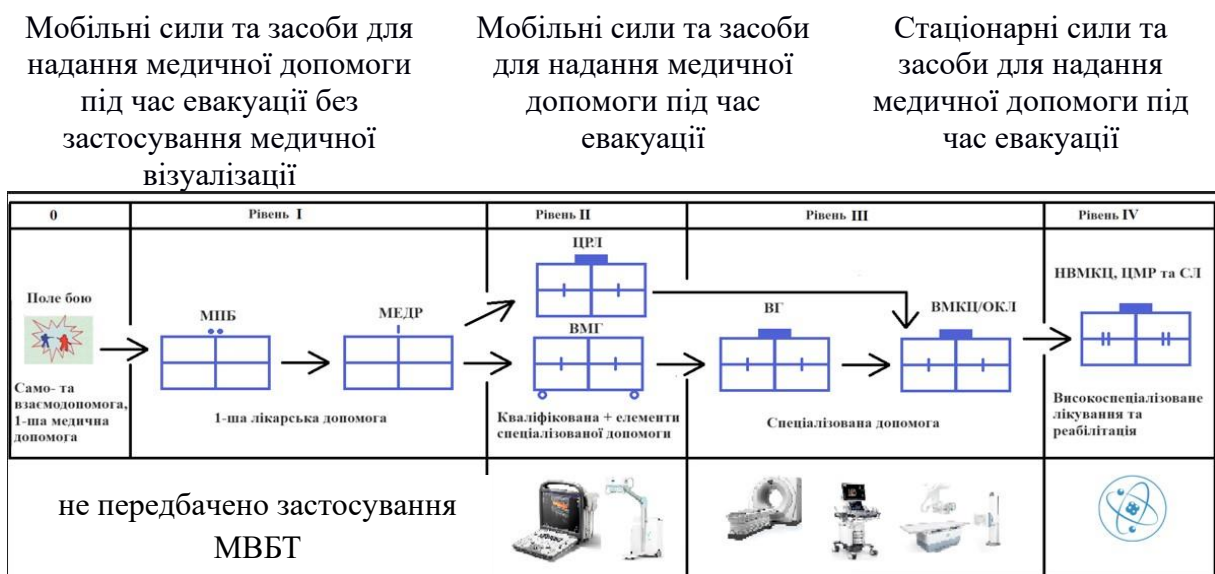
У 105 померлих за дослідний період проаналізовано патологічні стани та явища, що характеризували механізми смерті: тромбоемболія легеневої артерії – у 5,7 % (8 постраждалих); набряк, набухання головного мозку – у 42,9 % (45 постраждалих); поліорганна недостатність, синдром масивної гемотрансфузії, ниркова, 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 бойовою хірургічною травмою. Статистичні розрахунки за точним критерієм Фішера, для виявлення зв'язку ускладнень у постраждалих в післяопераційному періоді з механізмами смерті, представлені у розрахунку показника відносного ризику смерті, рангуючи від найбільшого до найменше значимого. 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.

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 свідчили про скорочення діагностичного періоду у постраждалих у важкому та вкрай тяжкому стані шляхом застосування МДКТ з контрастуванням за життєвими показаннями. Зв'язок ускладнень у постраждалих у післяопераційному періоді з механізмами смерті зроблений на підставі експериментального та клінічного аналізу, візуальних ознак у створених анатомічних моделях МВБТ шляхом застосування РГ, УЗД, МДКТ, РАГ, МРТ, медико-статистичного аналізу та їх моделювання.

**Балістична волюмометрія в системі медичної візуалізації бойової хірургічної травми у сучасній війні.** 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, ділянок бойових ушкоджень АФЗ без РК за допомогою променевих методів (УЗД, РГ, МДКТ). За досвідом наших стратегічних партнерів та союзників ранові канали, ділянки бойових ушкоджень (Folio L., Fischer T. et al., 2010, 2011) було досліджено та вивчено за допомогою МДКТ. В групах спостереження у 134 постраждалих шляхом балістичної та небалістичної волюмометрії розраховано прогностичний вітальний індекс ( $j$  %), що був відсотковим співвідношенням волюмометрії РК (довжина, мм; ширина, мм; товщина, мм;  $V$  см<sup>3</sup>) до ушкодженої АФЗ тіла постраждалого (розміри у томографічному зображенні краніо-каудальний, сагітальний, передньо-задній, в мм;  $V$  см<sup>3</sup>) та визначено його значущість у прогнозуванні можливого летального результату лікування. 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 ( $F^{\text{exc}}$ ) та кореляційним аналізом. Розраховано тетрагорічний коефіцієнт асоціації ( $r_a$ ) між  $j$  (%) та результатом лікування для клінічної оцінки об'єктивізації тяжкості травми, важкості стану та ризику летального результату у постраждалих із бойовою хірургічною травмою. 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 у 7 осіб ( $26,9 \pm 17,8$  %) в групі померлих 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  $r_a(F^{\text{exc}}) < 0,00004$ , а асоціація між цими показниками була дуже сильною  $r_a = 0,98$ . При цьому,  $RR = 16,8$  [8,0; 33,8], що відповідало  $EF = [81; 100]$  %. Візуально-балістичні результати дозволили стверджувати, що прогностичний вітальний індекс  $j$  (%) виявився дискримінуючим показником, за допомогою якого з високою ймовірністю прогнозували успішність хірургічного лікування. Тобто, за умови, що прогностичний вітальний індекс менше 40 %, можна з ймовірністю більше

80 % прогнозувати позитивний результат. І тільки при пораненнях голови, за тих самих умов, можливий летальний результат.

**Організація, зміст, роль медичної візуалізації на війні.** 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). Організаційно-діагностична схема МВБТ, яка діє на РМЗ, представлена на рис. 8. 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.



ПХГ – передова хірургічна група, стабпункт, МГ – мобільний госпіталь

Догоспітальна допомога

Госпітальне лікування

Рис. 8. Організаційно-діагностична схема медичної візуалізації бойової хірургічної травми у сучасній війні; II РМЗ – застосовується УЗД, РГ, у деяких випадках МДКТ без контрастування; III РМЗ застосовується УЗД, РГ, МДКТ без контрастування, МРТ, РАГ; IV РМЗ застосовується УЗД, РГ, МДКТ з/без контрастування, МРТ, РАГ, радіонуклідна діагностика, інші методи діагностики

Перші повідомлення про український досвід організації роботи відділення променевої терапії цивільного закладу в умовах збільшення потоку пацієнтів із зони АТО були наприкінці 2015 р. Професор Старенький В. П. 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. Летальні випадки серед поранених були пов'язані з важкими пораненнями і травмами, несумісними із життям. Тому своєчасне застосування сучасних та споріднених методів візуалізації (РГ, УЗД), МДКТ, інших променевих методів підвищило ефективність діагностики бойових



ушкоджень для покращення хірургічного лікування у поранених, травмованих, що дозволило знизити рівень ускладнень, летальності та зменшити інвалідизацію. Ультразвуковий та рентгенологічний методи МВБТ застосовувалися з екстреною, сортувальною, діагностичною, експертною метою у поранених, травмованих у 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 (рис. 9, 10).



Рис. 9. Хірургічне втручання з вилученням із грудної клітки фрагмента боєприпаса ВОГ-17 гранатомету АГС-17



Рис. 10. Хірургічне втручання з видаленням хвостовика мінометної міни калібру 82 мм

На всіх РМЗ застосовувався сонографічний метод в об'ємі FAST- та EFAST-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, перикарді, у ворітній та нижній порожнистій вені, що підтверджувало ушкодження внутрішніх органів, а візуалізація СТВП та СТНВП у постраждалих із бойовою хірургічною травмою свідчила про бойовий анамнез ушкоджень тіла. У процесі УЗД отримували надзвичайно важливу інформацію стосовно об'єму крововтрати, причини порушення вітальних функцій дихання і гемодинаміки, характеру порожнинних випотів, діагностики ускладнень бойової хірургічної травми, а також візуальний контроль післяопераційного періоду. Технологія FAST- та

EFAST-протоколу, діагностичного та експертного застосування ультразвукографії ґрунтувалася на виявленні візуальних ознак БУ, які впливали з ехолокаційних, фізичних закономірностей ультразвукографії. Для диференційної візуальної діагностики порожнинних випотів застосовували соноеластометрію, з якісною та кількісною оцінкою, додатково до клінічного значення та пункційної верифікації: 0–10 кПа – трансудат, 12–20 кПа – ексудат, 22–28 кПа – рідинний вміст із кров'ю, > 30 кПа – рідинний вміст із гноєм, жовчю, іншими біологічними домішками (рис. 11). Окремого діагностичного значення набувала ознака потовщеної гіперехогенної лінії, що визначалася в проекції порожнин тіла або на межі внутрішніх органів у післяопераційних хворих, та свідчила про наявність СТНВП (марлевих серветок, тампонів, іншого медичного матеріалу) (рис. 12).

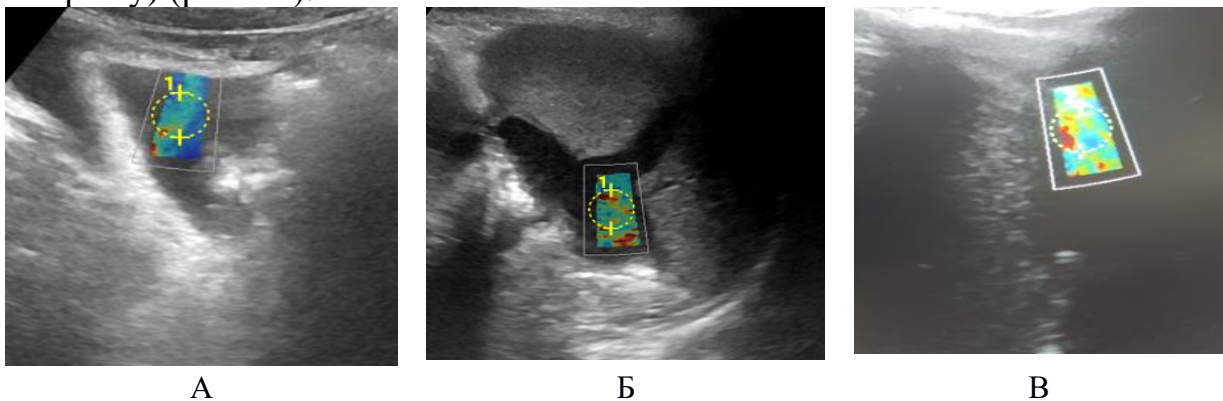


Рис. 11. Зсувнохвильова соноеластометрія анехогенних локусів порожнинних випотів: А – пельвікальний випіт (трансудат), СЕГ 6 кПа. Б – гемоперитонеум, СЕГ18 кПа. В – гемоторакс, СЕГ 19,5 кПа



Рис. 12. Ознака гіперехогенної контурної лінії. Тампон заочеревинного простору мезогастрія (біла стрілка); стороннє тіло піддіафрагмального простору (голуба стрілка); інтраопераційно, велика марлева серветка

Необхідність і можливість використання променевих методів дослідження залежала від характеру отриманої бойової хірургічної травми і важкості стану постраждалого та медико-технічного оснащення. У критичних ситуаціях, а також за дефіциту ресурсів, візуальні променеві методи (РГ, УЗД) застосовувалися обмежено. Виявлення ушкоджень, їх ускладнень ґрунтувалося на даних клінічної картини й особистому візуальному досвіді, етапності візуального контролю. Після проведення розширеного FAST-протоколу, EFAST-

протоколу на всіх РМЗ результати обстеження використовували для первинного сортування постраждалих незалежно від домінуючого бойового ушкодження. 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 променевих методів діагностики враховували анамнез бойової травми, застосування ЗІЗ, скарги постраждалих, або супроводжуваних осіб, стан свідомості, вітальні функції, а також окремі клінічні завдання фахівців із травми.

Перші повідомлення (Farkash U., Scope A., 2000) 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 поранення, травми. На сьогодні в світовій медичній практиці показання до застосування МДКТ значно розширилися. Отримані діагностичні результати в групах спостереження були застосовані як медико-візуальна аутопсія бойових ушкоджень, особливо проникних поранень тіла, візуальної оцінки ранових каналів, 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 бойової хірургічної травми та ускладнень, інших патологічних станів. Тому своєчасне застосування сучасних та споріднених методів візуалізації РГ, УЗД, МДКТ, інших променевих методів підвищило ефективність діагностики бойових ушкоджень для покращення хірургічного лікування у поранених, травмованих, що дозволило знизити рівень ускладнень, летальності та зменшити інвалідизацію.

***Діагностична ефективність та інформативність медичної візуалізації у сучасній війні.*** 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 із конкуруючою та іншою локалізацією ушкоджень не спостерігалось, а також багатовекторна дія сучасної вогнепальної зброї у 72,5 % випадків, спонукало до об'єднання суміжних АФЗ бойових ушкоджень у томографічну візуалізацію у режимі сканування всього тіла (*Full Body Scan*) (рис. 13).

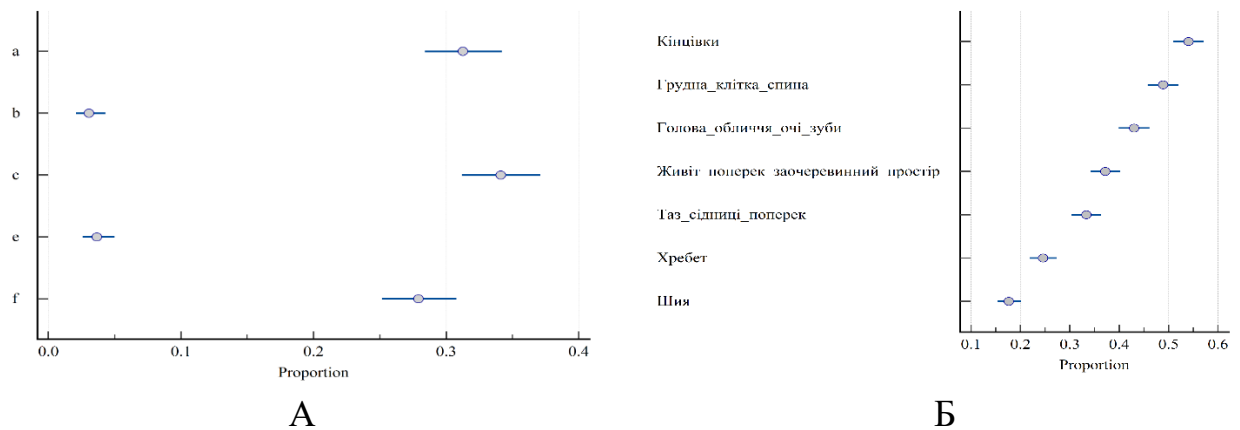


Рис. 13. Валідний розподіл домінуючих (А), конкуруючих, інших локалізацій (Б) бойових ушкоджень. Указано 95 % ДІ

Як видно з рис. 13, поєднувалася візуалізація анатомічних структур: голова (а), грудна клітка, живіт (с), кінцівки (f). Для голови, шії та хребта було застосовано окремі скануючі програми (*Full Body Scan* – технологія сканування всього тіла). 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 хірургічною травмою.

Зважаючи, що більшість європейських протоколів із травматизму, які базуються на МДКТ *Full Body Scan* із використанням різних фаз контрастування, таких як неконтрастна МДКТ голови, томографічна ангиограма в артеріальну фазу та дослідження грудної порожнини, живота, таза у порталну венозну фазу (Whiley S. et al., 2013; Amoretti N., 2018), у групах спостереження 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. За дослідний період у постраждалих встановлена ефективна, безпечна варіація променевої діагностики бойової хірургічної травми, а саме 3 : 2: 1; 3 УЗД, 2 РГ (1,6 мЗв), 1 МДКТ (16 мЗв).

В групах спостереження проведено порівняння діагностичної ефективності РГ та УЗД ( $AUC=0,82$  (0,76–0,89, ДІ 95 %) візуалізації СТВП, СТНВП, у тому числі орбіт, пазух лицевого черепа, шії, кінцівок ( $p=0,158$ ), ушкодження хребта та виявлена статистично значущо ( $p=0,020$ ) вища інформативність РГ – порівняно з УЗД. Зважаючи на проведений візуально-статистичний аналіз домінуючої та конкуруючої, а також іншої локалізації бойових ушкоджень у постраждалих, визначилися локалізації АФЗ, які досліджувалися на РМЗ із застосуванням виключно рентгенологічного або ультразвукового методів променевої діагностики. Попарний порівняльний аналіз інформативності, ефективності споріднених променевих методів МВБТ рентгенологічного та ультразвукового представлено у вигляді діаграм,



з візуально-статистичною перевагою УЗД (ушкоджень м'яких тканин ( $p < 0,05$ ) та візуалізації плеврального випоту ( $p < 0,01$ ), шляхом доповнення сірошкального зображення соноеластометрією, доплерографією тощо (рис. 14, 15). Порівняльний аналіз споріднених методів візуалізації маркерів БУ (газу, вільної рідини, контрастної рідини в порожнинах тіла) при фістулографії подано на діаграмах (рис. 16–19).

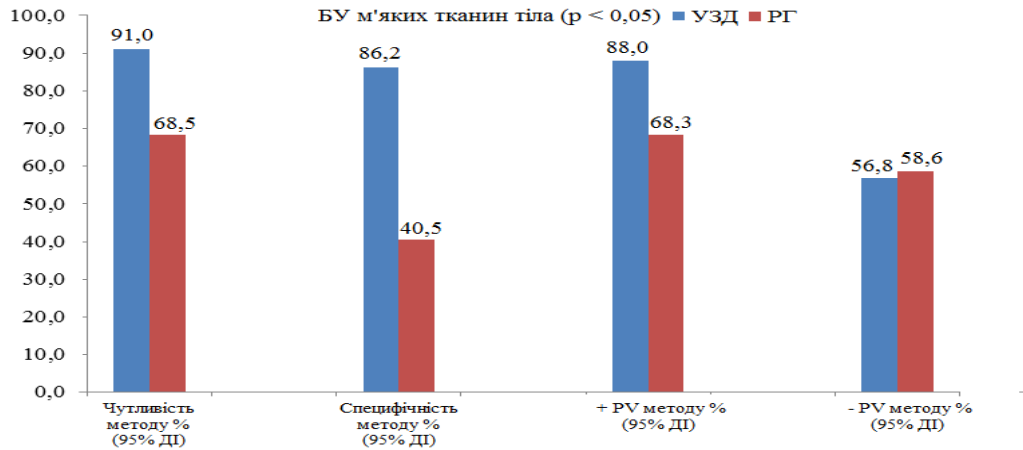


Рис. 14. Порівняння інформативності УЗД і РГ для діагностики бойових ушкоджень м'яких тканин тіла

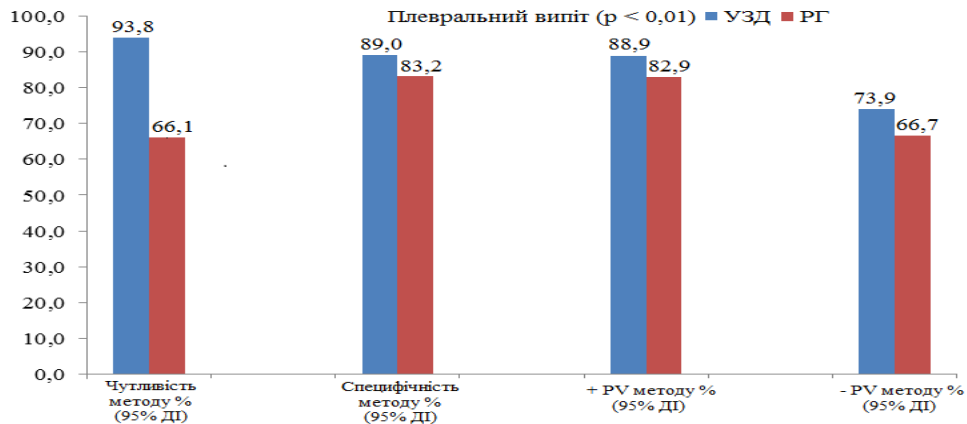


Рис. 15. Порівняння інформативності УЗД і РГ для діагностики плеврального випоту

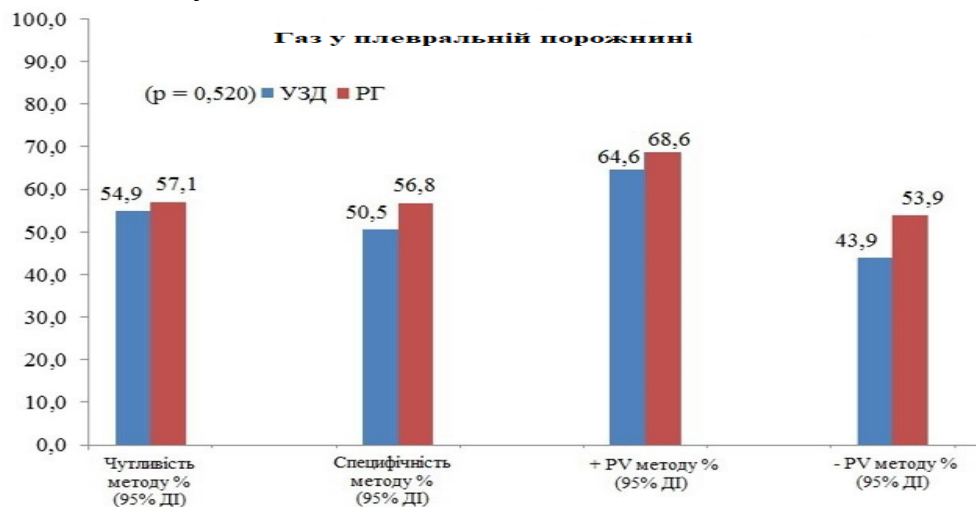


Рис. 16. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації газу в плевральній порожнині

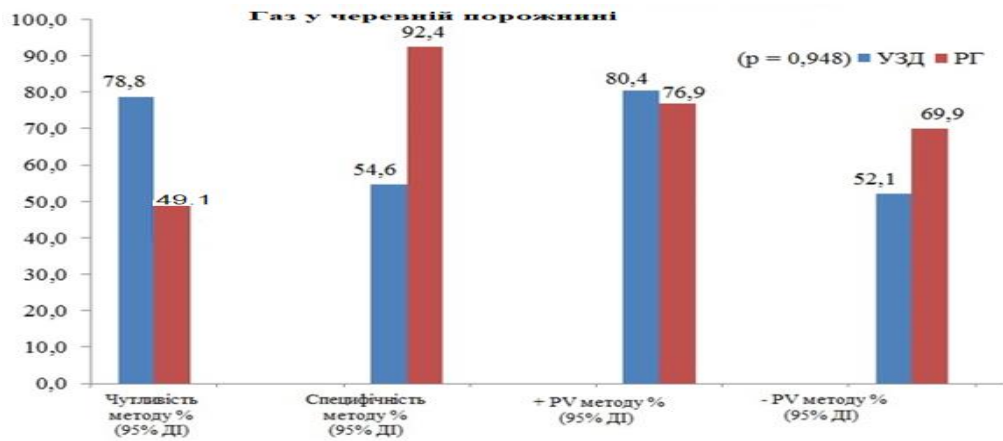


Рис. 17. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації газу в черевній порожнині

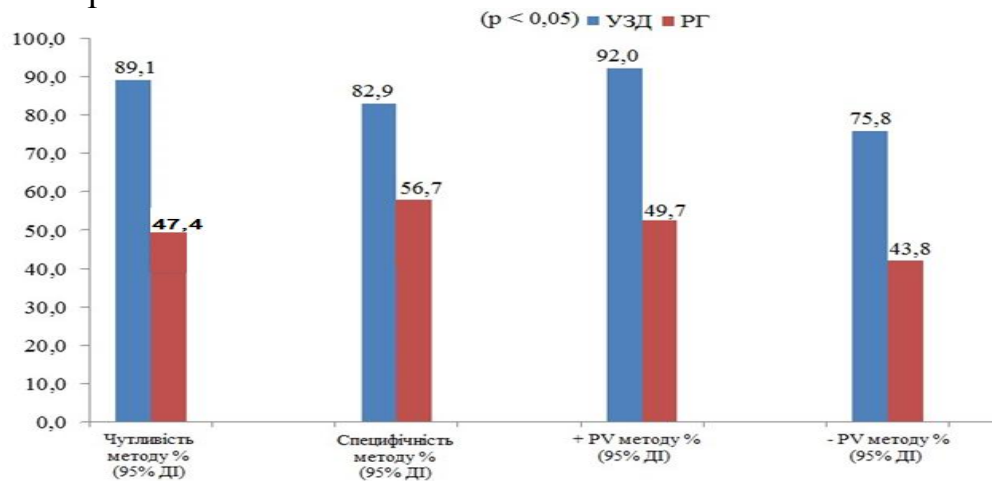


Рис. 18. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації вільної рідини, порожнинних випотів в черевній порожнині, тазу

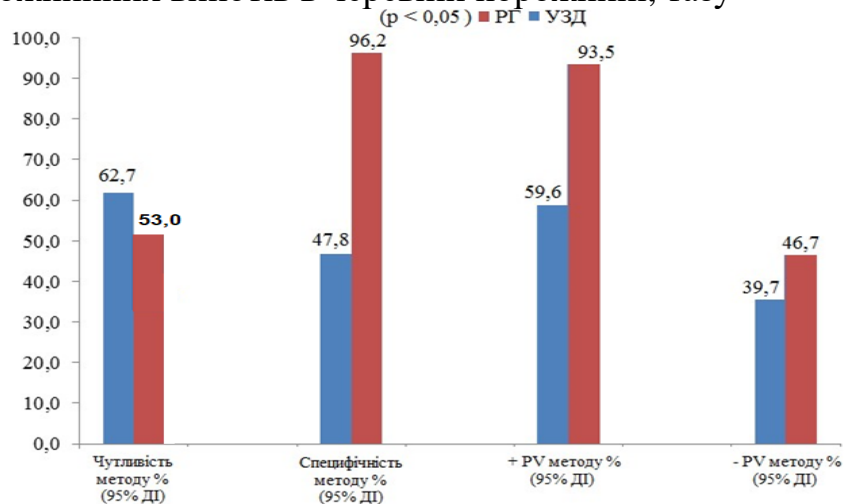


Рис. 19. Порівняння інформативності УЗД і РГ візуалізації потрапляння рентгеноконтрастної речовини при фістулографії

Як видно з рис. 16, 17, не визначили достовірної відмінності діагностичної ефективності при застосуванні УЗД і РГ візуалізації газу в плевральній ( $p=0,520$ ) та черевній ( $p=0,948$ ) порожнині у постраждалих із бойовою хірургічною травмою. Діагностичний та статистичний аналіз інформативності, ефективності

споріднених методів УЗД та РГ показав статистичну відмінність при діагностиці вільної рідини, порожнинних випотів у черевній порожнині, тазової локалізації та перикарді, з достовірною перевагою застосування УЗД у постраждалих на РМЗ ( $p < 0,05$ ), (рис. 18) та достовірно значимої відмінності візуалізації контрастної речовини при РГ ( $p < 0,05$ ), (рис. 19). Споріднені візуалізуючі методи променевої діагностики інформативно порівнювали між собою. Золотим стандартом для порівняння їх інформативності та ефективності були МДКТ, клінічна оцінка тяжкості БТ, важкості стану, доповнена візуально-балістичними даними. Результати застосованих променевих методів інформативно порівнювали з КТ-ангіографією, РАГ, МРТ, іншими інструментальними методами діагностики.

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, 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 хірургічною 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). Броньбійна 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 карбиду 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 ( $-953 \pm 30$  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 ( $-973 \pm 20$  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 ( $-110 \pm 12$  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  $1090 \pm 20$  од. НУ). Показник еластичності ранових каналів у 20 % желатині був ( $39 \pm 11$ ) кПа, осколків ( $210 \pm 35$ ) 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  $< 18,5 \text{ кг/м}^2$ , недовогаю був вищий, ніж у постраждалих із нормальною вагою ( $18,5\text{--}24,9 \text{ кг/м}^2$ ), 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 недостатність (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 комплекса-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 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 – мультidetекторна 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 переважання 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 мультidetекторна 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 VI–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 волюмометрію 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 – трансудат, 12–20 кПа – ексудат, 22–28 кПа – рідинний вміст із кров'ю, > 30 кПа – рідинний вміст із гноем, жовчю 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 мультidetекторної 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 полісинузити (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 боеприпасів, 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 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 променевиx 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 поврежденных 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 ший, 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.**, 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>. *(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.

Р. 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.**, Абдуллаєв 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. 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 (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., Алексєєва 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. *40<sup>th</sup> Anniversary & 51<sup>st</sup> Annual Congress of Korean Society of Ultrasound in Medicine* : abstr. book (Seoul, South Korea, Nov 16–17, 2020). Seoul, 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 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. 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., **Гречаник О.** Urethral Scar Tissue and Compromised Integrity: A Case Report of Urinary Consequences Following Gunshot Wound to the Pelvic Area. *15<sup>th</sup> European Multidisciplinary Congress on Urological Cancers (EMUC23)* : abstr. Marseille, France, November 2–5, 2023.

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

46. **Гречаник О.**, Abdullaev R., Dykan I., Bubnov R., Yarosh T., Holub V. Medical visualization of wound channels of different localizations in patients with combat trauma. *11<sup>th</sup> 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. **Гречаник 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., Tymbalyuk V. I., **Гречаник О. І.**, 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 воєнно-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.

## 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 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 хірургічної травми на рівнях медичного забезпечення; визначено діагностичну та прогностичну ефективність сучасних методів променевої діагностики у первинній оцінці бойової травми, динамічному контролі клінічного перебігу, прогнозуванні ускладнень та ризиків летальних випадків.

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 (II<sub>2</sub> підгрупа) та без контрастування (II<sub>1</sub> підгрупа). Постраждалим порівняльної (I) групи МДКТ проводили без контрастування.

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, мультидетекторна 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.

This dissertation addresses the critical issue of enhancing radiation diagnostics for combat injuries to improve treatment outcomes. The study includes experimental research and the development of a medical imaging system for combat trauma at various levels of care, assessing modern radiation diagnostic methods' effectiveness in initial evaluations, monitoring clinical progress, and predicting complications and mortality risks. The study involved 1,014 combat trauma victims treated at NMCC «GVKH» and other medical institutions during significant military operations between 2013–2023. The cohort was divided into two groups: 653 in the main group (583 survived, 70 died) and 361 in the comparative group (326 survived, 35 died). The main group underwent comprehensive MDCT, with and without contrast, while the comparative group had non-contrast MDCT.

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 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  $-902 \pm 28$  HU units), orbital hematoma (density  $+65,5 \pm 15$  HU units), hematosinus (density  $+50,2 \pm 19$  HU units), bone fractures, pneumocephalus (density  $-953 \pm 30$  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  $-973 \pm 20$  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  $-110 \pm 12$  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 (battle ball core, density 3071 HU units; jacket fragments, density 3046–3067 HU units), foreign bodies of non-gunshot origin (bone fragments, density  $1090 \pm 20$  HU units). Experimentally determined visual indicators became the standard for assessing the extent and nature of combat trauma.

The study also explored factors influencing mortality risk, including injury type, use of personal protective equipment (PPE), and combat experience. A significant correlation was found between injury type and fatal outcomes, particularly with explosive injuries and trauma. PPE usage was higher in the main group, reflecting improved survival rates. At the medical support level, US was preferred for diagnostics, while MDCT was crucial at the IV level for detecting complications. The study established a conditional indicator (Kp) for predicting the need for urgent surgical interventions based on imaging findings. Ballistic volumetry calculated

a prognostic index (j) to estimate soft tissue and bone destruction, correlating with survival outcomes. Severe injuries, especially from high-energy weapons, were associated with higher risks of fatal outcomes, particularly when combined with multiple or complex injuries.

The dissertation underscores the importance of integrating modern imaging methods into the treatment algorithm for combat trauma, emphasizing MDCT's role in evaluating injury severity and guiding clinical decisions. The findings support the need for tailored diagnostic approaches to improve survival rates and treatment efficacy in military settings. 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, 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».

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

AUC – area under the curve (площа під ROC-кривою)  
NSS – Neurologic Severity Score  
RR – relativ risk (відносний ризик)  
АФЗ – анатомо-функціональна зона  
БК – бойова куля  
БТ – бойова травма  
БУ – бойове ушкодження  
ВогнП – вогнепальне поранення (кульове, осколкове)  
ВП – вибухове поранення  
ВТ – вибухова травма  
ГКО – шкала Гур'єва Кравцова Ордатія  
ДІ – довірчий інтервал  
ЗІЗ – засоби індивідуального захисту (захисний шолом, бронежилет, окуляри)  
МВБТ – медична візуалізація бойової травми  
МВШ – медико-візуальна шкала  
МДКТ – мультidetекторна комп'ютерна томографія  
МРТ – магнітно-резонансна томографія  
НУОУ – Національний університет оборони України  
РАГ – рентгенівська ангиографія  
РГ – рентгенографія  
РК – рановий канал  
РМЗ – рівень медичного забезпечення  
СЕГ – соноеластографія  
СТВП – стороннє тіло вогнепального походження  
СТНВП – стороннє тіло невогнепального походження  
УВМА – Українська військово-медична академія  
УЗД – ультразвукова діагностика  
ХМАПО – Харківська медична академія післядипломної освіти