

УДК 616.13/14-001.45-089

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-2-3>

Микола РУДЕНКО

кандидат медичних наук, керівник департаменту, Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова Національної академії медичних наук України, вул. Амосова, 6, м. Київ, Україна, індекс 03110 (civid@ukr.net)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4532-3594>

Алла ДАКАЛ

доктор наук з державного управління, доцент, професор кафедри публічного адміністрування, Міжрегіональна академія управління персоналом, вул. Фрометівська, 2, м. Київ, Україна, індекс 02000 (alladakal@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3221-353X>

Mykola RUDENKO

Candidate of Medical Sciences, Head of the Department, National M. Amosov Institute of Cardio-Vascular Surgery Affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, , Amosova str., 6, Kyiv, Ukraine, postal code 03110 (civid@ukr.net)

Alla DAKAL

Doctor of Science in Public Administration, Associate Professor, Professor at the Department of Public Administration, Interregional Academy of Personnel Management, 2, Frometivska street, Kyiv, Ukraine, postal code 02000 (alladakal@gmail.com)

Бібліографічний опис статті: Руденко М., Дакал А. Патолофізіологія вогнепальних ушкоджень магістральних судин: аналіз сучасних досліджень. *Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я*. 2023. Вип. 2 (11). С. 18–22. DOI: <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-2-3>

Bibliographic description of the article: Rudenko M., Dakal A. (2023). Patofizioloziia vohnepalnykh ushkodzhen mahistralnykh sudyn: analiz suchasnykh doslidzhen [Pathophysiology of flammable injuries of main vessels: analysis of modern research]. *Suchasna medytsyna, farmatsiia ta psykhoholichne zdorovia – Modern medicine, pharmacy and psychological health*, 2 (11), 18–22. DOI: <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-2-3>

**ПАТОФІЗІОЛОГІЯ ВОГНЕПАЛЬНИХ УШКОДЖЕНЬ МАГІСТРАЛЬНИХ СУДИН:
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Анотація. Актуальність дослідження. У сучасних умовах сьогодення тематика нашого дослідження стає досить актуальною. Війна актуалізувала болі сучасної медицини та потребу в швидкому вирішенні наявних проблем. У світі теж відзначається постійне збільшення кількості локальних збройних конфліктів та контртерористичних операцій, а також терористичних актів у вирішенні міжетнічних, релігійних, політичних конфліктів, які супроводжуються великою кількістю постраждалих військовослужбовців та цивільного населення від вогнепальних поранень

Мета. Метою роботи є аналіз сучасних досліджень патолофізіології вогнепальних ушкоджень магістральних судин.

Матеріали і методи: аналізу теоретичних джерел, порівняння, індукції виокремлених даних Виведення з гіпотези наслідків з уточненням її змісту. Експериментальна перевірка виведених з гіпотези наслідків.

Висновки. Дослідження патолофізіології вогнепальних поранень дає змогу розробляти кращі методи лікування та реабілітації для постраждалих

Ключові слова: вогнепальні поранення, вогнепальна бойова травма, рановий канал, магістральні судини, травми судинного русла.

PATHOPHYSIOLOGY OF FLAMMABLE INJURIES OF MAIN VESSELS: ANALYSIS OF MODERN RESEARCH

Abstract. Background. In today's modern conditions, the topic of our research is becoming quite relevant. The war actualized the pains of modern medicine and the need for a quick solution to existing problems. In the world, there is also a constant increase in the number of local armed conflicts and counter-terrorist operations, as well as terrorist acts in the resolution of inter-ethnic, religious, political conflicts, which are accompanied by a large number of injured servicemen and civilians from gunshot wounds

Aim. The purpose of the work is the analysis of modern researches on the pathophysiology of gunshot injuries of main vessels.

Materials and methods. analysis of theoretical sources, comparison, induction of isolated data Derivation of the hypothesis of consequences with clarification of its content. Experimental verification of the consequences derived from the hypothesis.

Conclusions. Studying the pathophysiology of gunshot wounds makes it possible to develop better methods of treatment and rehabilitation for victims

Key words: gunshot wounds, gunshot combat injury, wound channel, main vessels, injuries of the vascular bed.

Вступ. Вивченням вогнепальних поранень займались та продовжують це вивчення різні науковці зокрема Філіпінські дослідники Х. Кансеко Кавазос, Х. Паласіос-Зертуче, Ф. Рейна-Сепульведа [3] та багато інших іноземних науковців серед яких С. Чоудхурі, А. Дж. Нікол, М. Мойден [9], К. Чак Вах, Ц. Вай Мен, В. Жанет Юен [4], Т. Грегори, Т. Біхель [15].

Щорічно відзначається значне збільшення постраждалих від вогнепальних та мінно-вибухових поранень [12; 18].

Тільки за один рік останнього десятиліття було зареєстровано 586 випадків терористичних нападів на Близькому Сході, при цьому 158 потерпілих з вогнепальними пораненнями потребували хірургічного лікування.

Серед усіх травм вогнепальна бойова травма займає одне з провідних місць за тяжкістю отриманих ушкоджень та високою летальністю [17].

Крім того, зростає кількість вогнепальної травми серед цивільних осіб, пов'язана з широким використанням вогнепальної зброї – кількість вогнепальних поранень у Великій Британії збільшилася лише за три роки на 30 років [11]. У країнах Американського континенту, як показали деякі дослідження, летальність від вогнепальних поранень у 5–6 разів вища, ніж у країнах Європи та Океанії, та у 95 разів вища, ніж у країнах Азії [6; 9].

Сучасні дослідження, присвячені питанням діагностики та лікування вогнепальних поранень, стосуються насамперед військового контингенту, але при веденні збройних конфліктів, локальних воєн та терористичних актів вогнепальні поранення отримує і громадянське населення.

Методологія та методи дослідження. Дані щодо постраждалих від вогнепальних поранень у локальних військових конфліктах останніх десятиліть нечисленні.

Так, в огляді Міністерства оборони США наголошується, що у період 2002–2011 рр. при веденні бойових дій в Ірані та Афганістані у госпіталях лікувалось 4402 постраждалих віком 1–17 років, з них приблизно 3,5 % постраждалих мали вогнепальні ушкодження судин. Вогнепальні судинні ушкодження зустрічалися головним чином при пораненнях кінцівок – 65,9%, тулуба (грудної та черевної порожнин) – у 25,4% випадках, шиї – у 8,6%. Реконструктивні судинні втручання були виконані у 63% поранених, лігування судини – у 31% випадків, динамічне спостереження – у 2%. Смертність при вогнепальних ушкодженнях магістральних судин становила 9% [17; 18].

У мирний час при локальних збройних конфліктах частку пошкоджень магістральних судин верхніх кінцівок припадає 32,3%, нижніх кінцівок – 58,8%, шиї – 5,63%, живота і заочеревинного простору – 2,97%.

Останнім десятиліттям у літературі широко обговорюється застосування посмертної комп'ютерної томографії, яку розглядають як метод криміналістичної, судової експертизи. Метод мультиспіральна терапія (МСКТ) у разі використовують визначення прижиттєвих ушкоджень, які призвели до смерті [7]. Крім того, МСКТ дозволяє виявляти характер вогнепальних поранень, причини смерті, моделювати напрямок ранового каналу з метою визначення основних причин летальних наслідків у постраждалих після вогнепальних поранень з використанням МІР-зображень, зображень 3D-рендерингу [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. Вогнепальна рана відрізняється обширністю і глибиною ураження органів і тканин, неминучим первинним мікробним забрудненням, нерідко ускладнюється інфекцією, супроводжується більш тяжкою реакцією організму, має більш тривалі терміни загоєння і частіше закінчується летальним кінцем, на відміну від будь-яких інших ушкоджень. Ці характерні ознаки вогнепальних поранень обумовлені особливостями механізму вогнепального пошкодження снарядами, що ранять [5].

Ранева специфіка пошкоджень внаслідок вогнепального поранення визначається швидкістю, формами, матеріалом снаряда, характеристиками тканини, що ушкоджується і деформацією снаряда перед зіткненням [6]. Встановлено, що за проходженням снаряда в тканинах утворюється так звана пульсуюча порожнина, яка в десятки разів перевищує його діаметр і викликає тяжке пошкодження внутрішніх органів. Саме з утворенням пульсуючої порожнини пов'язують в даний час основні особливості вогнепальної рани, її особливу тяжкість та пошкодження органів та тканин на видаленні та за межами ранового каналу [10].

Більшість кінетичної енергії кулі витрачається на руйнування тканин, а тимчасова пульсуюча порожнина виникає в основному за рахунок сили бічного удару – енергії кулі, спрямованої радіально в сторони від ранового каналу. Утворюється вогнепальна рана, у якій розрізняють три зони:

- ранового каналу;
- первинного некрозу;
- молекулярного струсу або зону вторинного некрозу.

Тому виникнення вогнищ вторинного некрозу може спостерігатися на значній відстані від ранового каналу. Так, при проходженні снаряда, що ранить, через порожні органи живота, заповнені рідким вмістом або газом, пульсація тимчасової порожнини призводить до великих розривів стінок до периферії від осі ранового каналу. При пошкодженні паренхіматозних органів енергія снаряда, що ранить, передається безпосередньо на прилеглу тканину органу, викликаючи його забій або розрив.

Вогнепальні рани мають ряд особливостей, що полягають у нерівномірній протяжності ушкодження та виникненні складних траєкторій та напрямках ранового каналу, наявності омертвілих тканин та сторонніх тіл, утворенні вогнищ некрозу в найближчу добу після травми [10].

Рановий канал при наскрізних пораненнях кулею калібру 7,62 мм у більшості випадків є прямолінійним ходом і напрямком. Первинні та вторинні відхилення ранового каналу пов'язані як з різною скоротливістю тканин, що викликає нерівність його, так і з відхиленням кулі при ударі про кісткову структуру, що змінює напрямок руху кулі. При використанні снарядів зі зміщеним центром ваги, зокрема куль калібру 5,45 мм, спочатку передбачається хаотичне просування снаряда в тканинах і перебіг ранового каналу завжди непередбачуваний. При мінно-вибухових пораненнях, які завжди супроводжуються множинними осколковими ушкодженнями, перебіг ранового каналу також не прямолінійний. У таких випадках судити про передбачувані руйнування анатомічних структур, характер поранення (проникаюче, непроникаюче) за вхідним і навіть вихідним отвором неможливо. У діагностиці вогнепальних поранень необхідно враховувати також поранення, що супроводжуються руйнуванням кісткових структур. Кісткові фрагменти в цьому випадку є вторинними факторами поранення, що викликають додаткові ушкодження суміжних тканин і органів та судинних структур [1].

Перший глибокий науковий аналіз вогнепальних поранень судин було здійснено за результатами Другої світової війни. Зовнішня або внутрішня кровотеча була причиною летальності у 35% поранених, які загинули на місці поранення (без урахування смерті від шоку у поєднанні з крововтратою).

Основною причиною високої летальності при вогнепальних пораненнях грудної, черевної порожнини, кінцівок були ушкодження серця та магістральних судин, які у сучасних збройних конфліктах досягають 9–12,5% [17]. Донедавна судинний травматизм вважався прерогативою військово-польової хірургії. Але вже повсюдно до практики невідкладної хірургії увійшло поняття «військово-міська травма», пов'язане з використанням вогнепальної зброї серед цивільного населення.

Багато вітчизняних та зарубіжних авторів наводять переконливі дані про значне зростання травм судинного русла у мирний час, які в загальній структурі травматизму становлять до 2%. Вогнепальні пошкодження судин у мирний час можуть зустрічатися до 13,9%.

Дані з Об'єднаного реєстру травматизму США під час проведення локальних бойових операцій «Ірак» і «Незламна свобода» також вказують збільшення кількості судинних ушкоджень проти попередніми

війнами [17]. Це зумовлено збільшенням кількості поєднаних вогнепальних ушкоджень різних анатомічних областей, що у свою чергу пов'язане з більшою ймовірністю та частотою ушкодження судинного русла [18].

У цих локальних збройних конфліктах на етапах надання спеціалізованої хірургічної допомоги визначення тактики реконструктивних судинних втручань широко використовувалися променеві методи візуалізації судинного русла. Найчастіше виконувались реконструктивні судинні втручання із застосуванням аутовенозних шунтів чи протезів. При неможливості проведення судинного втручання використання тимчасових судинних шунтів є єдиним способом збереження кінцівки, а й порятунку життя пораненого [8].

В умовах масового надходження поранених за відсутності надання спеціалізованої ангіологічної допомоги з метою збереження кровопостачання кінцівки доцільно використання тимчасового шунтування чи протезування судини за допомогою синтетичного ригідного протезу. Доведено, що застосування тимчасових протезів дозволяє підтримати кровообіг у кінцівки протягом 23 діб, після чого просвіт судини може бути відновлений. За даними різних джерел, тимчасові протези можуть функціонувати до 7 діб без розвитку тромбозу судини та інших ускладнень (на фоні антикоагулянтної терапії).

Усі ушкодження кровоносних судин за чинною класифікацією МКХ-10 прийнято відносити до класу XIX (S 00-T98).

Згідно з останньою класифікацією ушкоджень магістральних судин П. Г. Брюсова (1996), всі травми судинного русла поділяються на закриті та відкриті.

Для вогнепальних ушкоджень магістральних судин використовується така класифікація, яка враховує механізм травми, характер анатомічного ушкодження:

- Механізм пошкодження: рани вогнепальні (кульові, мінно-підривні, осколкові).
- Анатомічні зміни у судині: дотичне поранення без пошкодження інтими, бічне поранення, наскрізне поранення, неповна поперечна перерва, повна перерва, контузія.
- Кількість ушкоджень в анатомічній ділянці: ізольовані ушкодження судини (артерії або вени), поєднані ушкодження артерії разом із веною, кісткою, нервом.

Клінічні прояви:

- без первинної кровотечі та пульсуючої гематоми;
- з первинною кровотечею;
- з утворенням пульсуючої гематоми;

Ступінь ішемії тканин кінцівки:

- I – компенсована;

- II – некомпенсована;
- III – незворотна;
- IV – некроз кінцівки.

Наслідки ушкоджень судини: травматична артеріальна або артеріовенозна аневризма (артеріовенозна фістула), хвороба перев'язаної судини, ішемічна контрактура.

При вогнепальних пораненнях судин крім кровотечі, що виникла, в більш пізній період може розвинутися вторинне кровотеча (при неадекватному гемостазі або травматичному транспортуванні потерпілого). Ці кровотечі становлять потенційну небезпеку, тому що, по-перше, вони виникають раптово і набувають характеру профузної, по-друге, вторинні кровотечі обтяжують стан у анемізованого та ослабленого «рановою хворобою» пораненого [17].

Ранні вторинні кровотечі можуть виникнути у зв'язку з міграцією тромбу з просвіту пошкодженої судини після виходу зі стану травматичного шоку. Вторинна кровотеча може спровокувати неадекватна іммобілізація, транспортування, у зв'язку з цим усунення уламків, сторонніх тіл може призводити до повторної кровотечі. Такі кровотечі найчастіше виникають на 1–5 добу після поранення.

До пізніх вторинних кровотеч призводить приєднання та розвиток ранової інфекції, внаслідок чого відбувається розплавлення тромбу та арозивна кровотеча. Крім того, вторинні кровотечі можуть бути обумовлені утворенням пролежнів у стінці судини від тиску прилеглих до нього металевих сторонніх тіл (уламки, кулі) або кісткових фрагментів. Іноді причиною утворення пролежнів стають дренажі, тампони, які довго контактують зі стінкою судини. Пульсуюча гематома або травматичний аневризм також може призвести до розвитку вторинних кровотеч, які виникають раптово [13].

Висновки. Патофізіологія вогнепальних поранень є важливим напрямком в сучасній медицині, оскільки є однією з найбільш поширених причин травматичної смертності та інвалідності, що підтверджено аналізом наукових досліджень. Саме тому дослідження вогнепальних поранень допоможуть впровадити нові методи лікування та профілактики ускладнень після вогнепальних поранень, покращити якість медичної допомоги та знижувати рівень смертності та інвалідності. В подальших наукових розвідках ми продовжимо вивчати цей напрямок докладніше та проведемо ряд досліджень для підтвердження даних.

Список використаних джерел:

1. Atypical gunshot wound: Bullet trajectory analyzed by computed tomography / T. Ro, R. Murray, D. Galvan, M.H. Nazim. *Int. J. Surg. Case Rep.* 2015. Vol. 31. № 14. P. 104–107. 237.
2. Ballistic concepts and management of gunshot wounds at members / L. Fabeck, N. Hock, J. Goffin, W. Ngatchou. *Rev. Med. Brux.* 2017. Vol. 38. № 6. P. 474–481. 132.
3. Epidemiology of gunshot wounds in the University Hospital -Dr. José Eleuterio González|| of the Autonomous University of Nuevo León / J. Canseco Cavazos, J. Palacios-Zertuche, F. Reyna-Sepúlveda, et al.. *Cir. Cir.* 2017. Vol. 85. № 1. P. 41–48.
4. Evolving frontiers in severe polytrauma management – refining the essential principles / K. Chak Wah, C. Wai Man, W. Janet Yuen Ha, et al. *Malays. J. Med. Sci.* 2013. Vol. 20. № 1. P. 1–12.
5. Ferrada, P. Secondary injury after multiple gunshot wounds / P. Ferrada, Flannagan, N. Namias. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2016. Vol. 80. № 6. P. 884–885. 136.
6. Firearms, bullets, and wound ballistics: an imaging primer / T.N. Hanna, W. Shuaib, T. Han, et al.. *J. Injury.* 2015. Vol. 46. № 7. P. 1186–1196. 158.
7. Forensic imaging for causal investigation of death / D. Simons, A. Sassenberg, H.P. Schlemmer, K. Yen. *Korean J. Radiol.* 2014. Vol. 15. № 2. P. 205–209.
8. Update on Wartime Vascular Injury / C.J. Fox, B. Patel, W.D. Clouse. *J. Perspect. Vasc. Surg. Endovasc. Ther.* 2011. Vol. 23. № 1. P. 13–25. 139.
9. Is case triaging a useful tool for emergency surgeries? A review of 106 trauma surgery cases at a level 1 trauma center in South Africa / S. Chowdhury, A.J. Nicol, M.R. Moydien, et al.. *World J. Emerg. Surg.* 2018. Vol. 13. № 1. DOI: 10.1186/s13017-018-0166-5. eCollection 2018.
10. Management of penetrating abdominal trauma: what we need to know? / C. Hoffmann, Y. Goudard, E. Falzone, et al. *J. Ann. Fr. Anesth. Reanim.* 2013. Vol. 32. № 2. P. 104–111. 161.
11. Management of penetrating neck injuries at a London trauma centre / R.T. Siau, A. Moore, T. Ahmed, et al.. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2013. Vol. 270. № 7. P. 2123–2128. 252.
12. Radiology response in the emergency department during a mass casualty incident: a retrospective study of the two terrorist attacks on 22 July 2011 in Norway / V.S. Young, H.B. Eggesbo, C. Gaarder, et al.. *J. Eur. Radiol.* 2017. Vol. 27. № 7. P. 2828–2834.
13. Reptured pseudo-aneurysm of a femoral artery in a drug abuser revealed by post-mortem CT-angiography / K. Michaud, S. Grabherr, M. Lesta et al.. *Int. J. Legal. Med.* 2013. Vol. 127. № 4. P. 819–823.
14. Retrospective analysis of case series of patients with vascular war injury treated in a district hospital / T. Salamon, A. Lerner, D. Rothem, et al.. *J. Injury.* 2016. Vol. 47. № 4. P. 811–817.
15. Terrorist attacks in Paris: Surgical trauma experience in a referral center / T.M. Gregory, T. Bihel, P. Guigui, et al. *J. Injury.* 2016. Vol. 47. № 10. P. 2122–2126.
16. Volume-rendered hemorrhage-responsible arteriogram created by 64 multidetector-row CT during aortography: utility for catheterization in transcatheter arterial embolization for acute arterial bleeding / H. Minamiguchi, N. Kawai, M. Sato, et al. *J. Springerplus.* 2014. Vol. 4. P. 63–67.

17. Volume-rendered hemorrhage-responsible arteriogram created by 64 multidetector-row CT during aortography: utility for catheterization in transcatheter arterial embolization for acute arterial bleeding / H. Minamiguchi, N. Kawai, M. Sato, et al. *J. Springerplus*. 2014. Vol. 4. P. 63–67.
18. War-related extremity injuries in children: 89 cases managed in a combat support hospital in Afghanistan / A. Bertani, L. Mathieu, J.L. Dahan et al. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2015. Vol. 101. № 3. P. 365–368.
19. Wartime vascular injuries in the pediatric population of Iraq and Afghanistan: 2002–2011 / C.Y. Villamaria, J. J. Morrison, C.M. Fitzpatrick, et al.. *J. Pediatr. Surg.* 2014. Vol. 49. № 3. P. 428–432.