

УДК 616-007.2

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-5-6>

Микола РУДЕНКО

кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник відділу інноваційних та кардіохірургічних технологій, Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. Амосова Національної академії медичних наук України, вул. Амосова, 6, м. Київ, Україна, індекс 03038; доцент кафедри публічного адміністрування Міжрегіональної Академії управління персоналом (civid@ukr.net)

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

Mykola RUDENKO

Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher at the Department of Innovative and Cardiosurgical Technologies, M. Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, 6, Amosova St, Kyiv, Ukraine, postal code 03038; Associate Professor at the Department of Public Administration of the Interregional Academy of Personnel Management (civid@ukr.net)

Бібліографічний опис статті: Руденко М. Аналіз гемодинаміки під час кульового поранення живота: відображення реакції на травму протягом перших 90 хвилин. *Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я*. 2023. Вип. 5 (14). С. 37–41. DOI: <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-5-6>

Bibliographic description of the article: Rudenko, M. (2023). Analiz hemodynamiky pid chas kulovoho poranennia zhyvota: vidobrazhennia reaktsii na travmu protiahom pershykh 90 khvylyn [Analysis of hemodynamics during a bullet wound of the abdomen: reflection of the reaction to trauma during the first 90 minutes]. *Suchasna medytsyna, farmatsiia ta psykholohichne zdorovia – Modern medicine, pharmacy and psychological health*, 5 (14), 37–41. DOI: <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-5-6>

АНАЛІЗ ГЕМОДИНАМІКИ ПІД ЧАС КУЛЬОВОГО ПОРАНЕННЯ ЖИВОТА: ВІДОБРАЖЕННЯ РЕАКЦІЇ НА ТРАВМУ ПРОТЯГОМ ПЕРШИХ 90 ХВИЛИН

Анотація. Ця стаття присвячена аналізу гемодинаміки у пацієнтів з кульовим пораненням живота протягом перших 90 хвилин після травми. Використання передових методів моніторингу дозволило виявити ранні та специфічні патофізіологічні зміни, що відображають реакцію організму на травму. Дослідження сприяє подальшому розумінню механізмів відповіді на травму та може служити основою для подальших клінічних вдосконалень у лікуванні пацієнтів із подібними травматичними ускладненнями.

Мета. Мета статті – проведення аналізу гемодинаміки під час кульового поранення живота та відображенні реакції організму на травму протягом перших 90 хвилин.

Наукова новизна. Новизна дослідження полягає у глибокому аналізі гемодинаміки в контексті кульового поранення живота протягом перших 90 хвилин. Використання передових методів моніторингу дозволяє виявити ранні та специфічні патофізіологічні зміни, що відображають реакцію організму на травму. Отримані дані можуть сприяти уточненню стратегій лікування та підвищенню ефективності невідкладної медичної допомоги при кульовому пораненні живота.

Матеріали і методи. Основу дослідження склали результати дослідження балістичних характеристик боєприпасів калібру 5,45, парамагнітних сигналів у периферичній крові та стану серцево-судинної системи у 14 тварин (свиней) з важким та вкрай важким наскрізним кульовим пораненням живота без пошкодження судинно-нервових пучків та життєво важливих органів.

Результати. Проаналізувавши отримані результати гемодинамічних змін, що виникають у перші години після вогнепального поранення живота, можна виділити певну циклічність (фазність) процесів, що протікають. На підставі цього сформульовано класифікацію фаз патофізіологічних реакцій системи гемодинаміки в цей період.

Висновки. Гемодинамічні зміни під час кульового поранення живота можуть включати гіповолемію, тахікардію та зміни артеріального тиску. Реакція на травму може виявлятися впродовж перших 90 хвилин через системні відгуки на стрес та крововтрату. Ретельний моніторинг цих параметрів важливий для ефективного лікування та стабілізації пацієнта.

Ключові слова: бойова травма, життєві, черевна порожнина, кульове поранення, гемодинаміка.

ANALYSIS OF HEMODYNAMICS DURING BULLET WOUNDS OF THE ABDOMINAL: IMAGING THE RESPONSE TO TRAUMA DURING THE FIRST 90 MINUTES

Abstract. This article is devoted to the analysis of hemodynamics in patients with a bullet wound to the abdomen during the first 90 minutes after injury. The use of advanced monitoring methods made it possible to detect early and specific pathophysiological changes reflecting the body's response to trauma. The study contributes to the further understanding of the mechanisms of the response to trauma and may serve as a basis for further clinical improvements in the treatment of patients with similar traumatic complications.

The arm. The purpose of the article is to conduct an analysis of hemodynamics during a bullet wound to the abdomen and reflect the body's reaction to the injury during the first 90 minutes.

Scientific novelty. The novelty of the study lies in the in-depth analysis of hemodynamics in the context of a bullet wound to the abdomen during the first 90 minutes. The use of advanced monitoring methods makes it possible to detect early and specific pathophysiological changes that reflect the body's response to trauma. The obtained data can contribute to clarifying treatment strategies and increasing the effectiveness of emergency medical care for bullet wounds to the abdomen.

Materials and methods. The basis of the study was the results of the ballistic characteristics of 5.45-caliber ammunition, paramagnetic signals in peripheral blood, and the state of the cardiovascular system in 14 animals (pigs) with severe and extremely severe through bullet wounds to the abdomen without damage to vascular and nerve bundles and vital organs.

The results. Having analyzed the obtained results of hemodynamic changes that occur in the first hours after a gunshot wound to the abdomen, it is possible to highlight a certain cyclicity (phasicity) of the ongoing processes. Based on this, the classification of the phases of the pathophysiological reactions of the hemodynamic system during this period was formulated.

Conclusions. Hemodynamic changes during a bullet wound to the abdomen may include hypovolemia, tachycardia, and changes in blood pressure. The injury response may occur within the first 90 minutes through systemic responses to stress and blood loss. Careful monitoring of these parameters is important for effective treatment and stabilization of the patient.

Key words: combat injury, abdomen, abdominal cavity, bullet wound, hemodynamics.

Постановка проблеми. Актуальність дослідження полягає в необхідності ретельного аналізу гемодинаміки при кульових пораненнях, оскільки це може вплинути на тактику лікування та на формування медичних прогнозів для постраждалих осіб. Вивчення цього аспекту протягом саме перших 90 хвилин має важливе значення для розуміння динаміки травм та розробки ефективних стратегій медичної допомоги. Внаслідок постійного зростання кількості поранень з вогнепальної зброї вимагає глибшого розуміння впливу кульових травм та гемодинаміку пацієнтів. Дослідження спрямоване на вивчення цих аспектів, дозволить визначити оптимальні методи лікування.

Мета статті – проведення аналізу гемодинаміки під час кульового поранення живота та відображенні реакції організму на травму протягом перших 90 хвилин.

Матеріали і методи дослідження. На основі Державної установи «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова Національної академії медичних наук України» тваринам (свиням) вагою 80-90 кг у віці 7-9 міс. робили вогнепальні постріли в ліву сторону черевної порожнини 50 м з автомата АК-74 (автомат Калашнікова зразка 1974 року) кулями боєприпасів 7Н24 та 7Н22 калібром 5,45 мм. Слід зазначити, що куля боєприпасу 7Н24 споряджена осердям з вольфрамового композиту.

Модель наскрізного кульового поранення живота створювали таким чином, щоб не пошкодити великі кровоносні судини та життєво важливі органи черевної порожнини, поранення яких може призвести до розвитку гострої потужної крововтрати, що змінює реальну картину реагування серцево-судинної системи.

Результати та їх обговорення. Під час проведення моніторингу гемодинаміки в серцевих камерах експериментальних тварин досліджувалася реакція системи кровообігу на кульове поранення живота. Кожну хвилину фіксували всі параметри, що дозволяло отримати графічне відображення

змін артеріального тиску, центрального та венозного тиску, частоти серцевих скорочень, обсягу крові, загального периферичного опору та вмісту води в різних секторах організму.

Першим виявленим проявом реакції серцево-судинної системи на кульове поранення живота було раптове підвищення всіх показників центральної гемодинаміки, що тривало до 3 хвилин.

Кількісні показники гемодинаміки при пораненні живота кулею боєприпасу 7Н24 в цей період становили: загальний периферичний судинний опір (ЗПСО) різко зростав до $1242+72$ дин/(с·см⁵), як у малому, так і у великому колі кровообігу дин/(с·см⁵) в порівнянні з вихідними показниками (ЗПСО) – $841+38,2$ дин/(с·см⁵).

Систолічний артеріальний тиск (АсТ) у цей період підвищувався до $163+12,0$ мм рт. ст., діастолічний артеріальний тиск (АдТ) – до $94+4,2$ мм рт. ст. (Вихідні показники АсТ $120+5$ мм рт. ст. і АдТ – $71+3,5$ мм рт. ст.). Центральний венозний тиск (Pvд) підвищувався до $86+3,5$ мм вод. ст. (Вихідні показники Pvд $53+1,74$ мм вод. ст.), пульс (HR) збільшувався до $105+7,0$ ударів за хвилину (вихідний пульс $80+5,0$ уд./хв) (рис. 1).

Ударний обсяг лівого шлуночка (УОа) становив $76\pm 1,5$ мл, правого шлуночка (УОв) $67\pm 2,1$ мл. При вихідних показниках $64\pm 2,4$ мл та $56\pm 3,7$ мл відповідно. Збільшення УО та наростання частоти пульсу (до $105\pm 7,0$ уд./хв) призводило до збільшення хвилинних об'ємів серця.

Хвилинний об'єм лівого шлуночка становив (ХОа) $7,9\pm 0,65$ л, хвилинний об'єм правого шлуночка (ХОв) – $7,1\pm 0,7$ л (вихідні об'єми ХОа $5,1\pm 0,4$ л та ХОв $4,5\pm 0,33$ л). Об'єм судинної води при цьому становив $5,8\pm 0,13$ л, вихідний ХО – $4,4\pm 0,15$ л.

При наскрізному кульовому пораненні живота кулею боєприпасу 7Н22 ЗПСО у період зростало до 1119 ± 29 дин/(с·см⁵), вихідні показники 913 ± 48 .

АсТ при цьому підвищувалося до $150\pm 22,8$ мм рт. ст., АдТ – до $90\pm 13,0$ мм рт. ст. (Вихідні показники АсТ $123\pm 5,5$ і АдТ $63\pm 6,2$ мм рт. ст.). Пульс частішав до $98\pm 4,0$ уд./хв (початковий пульс

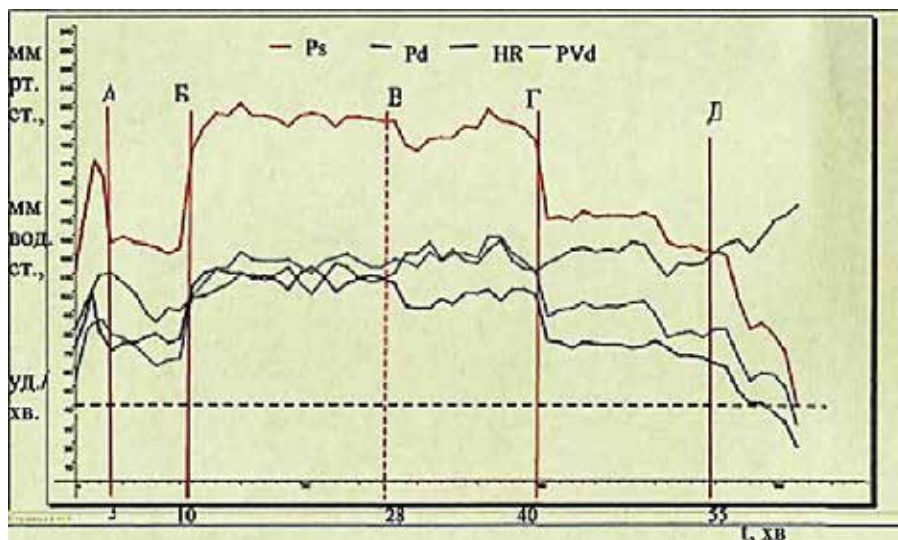


Рис. 1. Динаміка показників центральної гемодинаміки при наскрізному пораненні живота кулею боеприпасу 7Н24: Ps – систолічний артеріальний тиск; Pd – діастолічний артеріальний тиск; HR – частота серцевих скорочень; Pvd – центральний венозний тиск. Чорна лінія – зниження всіх показників до критичної величини 40 мм рт.ст., мм вод.ст., уд./хв при перерахуванні результатів Ps, Pd, Pvd і HR для біологічного об'єкта, що вивчається (свині)

$80 \pm 7,0$ уд./хв). ЦВТ підвищувалося до $81 \pm 17,0$ мм водн. ст., вихідне значення $63 \pm 2,7$ мм водн. ст.

УОа в цей період становив $72 \pm 4,5$ мл, УОв – $65 \pm 5,1$ мл, вихідні показники $64 \pm 1,3$ та $57 \pm 0,84$ мл відповідно.

Збільшення ударного об'єму правого і лівого шлуночків, наростання частоти пульсу до $98 \pm 4,0$ уд./хв, призводило до збільшення ХОа до $7,0 \pm 0,6$ л і ХОв до $6,1 \pm 0,66$ л (вихідні об'єми $5,1 \pm 0,43$ л і $4,5 \pm 0,38$ л). Судинна вода у цей період становила $5,4 \pm 0,6$ л, вихідні показники $4,6 \pm 0,2$ л.

З 3-ї хв дослідження відбувалося різке зменшення всіх показників центральної гемодинаміки до вихідного рівня. Тривалість цих змін з $3 \pm 1,0$ до $5 \pm 1,0$ хв при пораненні кулею боеприпасу 7Н22 та з $3 \pm 1,0$ до $10 \pm 3,0$ хв при пораненні кулею боеприпасу 7Н24.

При цьому при пораненні кулею боеприпасу 7Н24 ЗПСП зменшувалося до $989 \pm 70,0$ АсД знижувалося до висхідних нормальних величин $120 \pm 6,0$ мм рт. ст. та АдТ – до $74 \pm 4,5$ мм рт. ст., УОа зменшувався до $61 \pm 3,0$ мл та УОв – до $5,6 \pm 2,0$ мл. На тлі прискореного пульсу до $100 \pm 8,0$ уд./хв ХОа становив $6,1 \pm 0,8$ л, ХОв – $5,6 \pm 0,55$ л.

ЦВТ знижувалося до $70 \pm 5,3$ мм рт. ст. Об'єм судинної води у цей період становив $4,9 \pm 0,23$ л.

При пораненні кулею боеприпасу 7Н22 ЗПСО зменшувалося до $1050 \pm 2,3-3,3$ дин/(с·см⁻⁵), АсД знижувалося до $125 \pm 12,0$ мм рт. ст та АдТ – до $70 \pm 10,5$ мм рт. ст., УОа знижувався до $65 \pm 2,0$ мл, УОв – до $62 \pm 2,0$ мл. На тлі показників пульсу

$100 \pm 6,0$ уд./хв ХОа становив $6,5 \pm 0,2$ л, а ХОв – $6,2 \pm 0,2$ л, ЦВТ знижувалося до $74 \pm 4,0$ мм рт. ст. Об'єм судинної води становив $4,9 \pm 0,3$ л.

З $10 \pm 3,0$ по $40 \pm 3,0$ хв при пораненні кулею 7Н24 та з $5 \pm 1,0$ по $48 \pm 3,0$ хв при пораненні кулею боеприпасу 7Н22 знову відбувалося різке збільшення показників гемодинаміки.

У цей період (поранення кулею боеприпасу 7Н24) ЗПСО збільшувалося до 1319 ± 86 дин/(с·см⁻⁵), АсТ збільшувався до $198 \pm 15,0$ мм рт. ст., АдТ – до $105 \pm 15,0$ мм рт. ст., частота серцевих скорочень зростала до $114 \pm 16,0$ уд./хв. На фоні максимально збільшеної судинної води до $6,3 \pm 0,35$ л з 28 хвилин, УОа зростав до $68,5 \pm 4,8$ мл, правого – до $70 \pm 7,0$ мл. При цьому ХОа становив $7,8 \pm 0,35$ л, ХОв – $8,0 \pm 0,22$ л, ЦВТ складало $115 \pm 15,0$ мм рт. ст.

При пораненні кулею боеприпасу 7Н22, ЗПСО у цей період збільшувалося до 1220 ± 73 дин/(с·см⁻⁵), АсТ становив $135 \pm 41,8$ мм рт. ст., АдТ – $75 \pm 19,5$ мм рт. ст., частота серцевих скорочень зростала до $110 \pm 21,7$ уд./хв. Кількість судинної води збільшувалася (з 23 хвилини) до $6,3 \pm 0,35$ л. На цьому фоні УОа становив $55 \pm 1,9$ мл, УОв – $56 \pm 2,0$ мл, ХОа – $6,1 \pm 0,9$ л, ХОв – $6,2 \pm 0,38$ л, ЦВТ становило $84,6 \pm 10,5$ мм рт. ст.

З $40 \pm 3,0$ хв (боеприпас 7Н24) та $49 \pm 3,0$ хв (боеприпас 7Н22) відбувалося прогресуюче зниження показників гемодинаміки. При пораненні кулею боеприпасу 7Н24, ЗПСО знижувалося до 1314 ± 119 дин/(с·см⁻⁵), АсТ знижувалося до $134 \pm 10,5$ мм рт. ст.,

Таблиця 1

Фази реагування показників центральної гемодинаміки на наскрізне поранення живота

Фаза		Час, хв		Характеристика
		7Н24 (n=7)	7Н22 (n=7)	
1	Первинна реакція	до 3±1,0	до 3±1,0	Короткочасне підвищення всіх показників центральної гемодинаміки, обумовлене гідродинамічним ударом та дією норадреналіну.
2	Латентна	з 3±1,0 до 10±2,0	з 3±1,0 до 5±1,0	Різкий спазм резистивних судин, відкриття АВ-шунтів, що проявляються зниженням усіх показників центральної гемодинаміки до вихідних, що зумовлено дією катехоламінів (адреналіну)
3	Адаптаційна	з 10±2,0 до 40±3,0	з 5±1,0 до 49±3,0	Підвищення об'єму циркулюючої крові, центрального венозного тиску з підвищенням навантаження на праві відділи серця на фоні поступово наростаючої тахікардії, що обумовлено перерозподілом рідини в судинний простір, пов'язаним з великою концентрацією монооксиду азоту та його аналогів
4	Ендотоксичний період/Висновки	з 40±3,0 по 55±3,0	з 49±3,0 по 68±2,0	Повторне стрімке зниження систолічного та діастолічного АТ на фоні збереженого підвищеного навантаження на праві відділи серця і постійно наростаючої тахікардії, що обумовлено паралічем пре- та посткапілярних сфінктерів первинними вільними радикалами
5	Термінальний період	з 55±3,0 до 60±2,0 хв	з 68±2,0 до 90±5,0 хв	Необоротне поступове зниження обох компонентів АТ та центрального венозного тиску на фоні наростання частоти серцевих скорочень, зумовлене депонуванням крові у венозній ланці судинного русла
Загальний час		Через 60±11	Через 90±12	Загибель біологічного об'єкта

АдТ – до 75±6,0 мм рт. ст., частота серцевих скорочень при цьому зростала до 120±6.

Кількість судинної води знижувалася до 5,4±0,35 л. УОа зменшувався до 54±2,0 мл, УОв – до 56±2,0 мл, при цьому ХОа становив 6,4±0,32 л, ХОб – 6,7±0,3л, ЦВД-96±3,8 мм вод. ст.

При пораненні кулею боеприпасу 7Н22, ЗПСО знижувалося до 1083±67 дин/(с*см⁵), АсТ знижувалося до 95±14 мм рт. ст., АдТ – до 49±13 мм рт. ст., частота серцевих скорочень зростала до 110±7,5 уд/хв. Кількість судинної води зменшувалась до 4,05±0,6 л. УОа знижувався до 41±6,5 мл, УОв – до 42,2±7,0 мл, при цьому ХОа становив 4,5±0,4 л, ХОв – 4,6±0,4 л, ЦВТ – 57,2±18 мм вод. ст.

Надалі, з 55±4,0 хв (поранення кулею боеприпасу 7Н24) ЗПСО знижувалося до 1233±87 дин/(с*см⁵), АсТ знижувався до 96±25 мм рт. ст., АдТ – до 50±21 мм рт. ст., частота серцевих скорочень зростала до 132±13,0 уд/хв. Кількість судинної води знижувалася до 4,3±1,1 л. УОа знижувався до 40±13,5 мл, УОв – до 42±13,5 мл, при цьому ХОа становив 5,2±1,5 л, ХОв – 5,5±1,5 л, ЦВТ – 55,8±25 мм вод. ст.

При пораненні кулею боеприпасу 7Н22 з 68±5,0 хв, ЗПСО знижувалося до 1009±13 дин/(с*см⁵), АсТ знижувалося до 70±28 мм рт. ст., АдТ – до 37,2±14 мм рт.ст., частота серцевих скорочень зростала до 120±5,0 уд./хв. Кількість судинної води знижувалася до 3,3±1,4 л. УОа знижувався до 33,4±11 мл, УОв – до 35,5±9 мл, при цьому ХОа становив 3,7±1,1 л, ХОб – 3,9±1,1 л, ЦВТ – 45±17 мм вод. ст. Зрештою, це призвело до загибелі біологічного об'єкта.

У роботі представлені узагальнені дані реагування серцево-судинної системи тварин у перші години після наскрізного поранення живота кулями боеприпасів 7Н24 та 7Н22 з відстані 50 м.

Висновки. Проаналізувавши отримані нами результати гемодинамічних змін, що виникають у перші години після вогнепального поранення живота, можна виділити певну циклічність (фазність) процесів, що протікають. На підставі цього нами сформульовано класифікацію фаз патологічних реакцій системи гемодинаміки в цей період (табл. 1).

Список використаних джерел:

1. Beekley A.C. Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. *Trauma*. 2008 Feb;64(2 Suppl):S.28-37.
2. Buddhaboriwan T. Management of liver injuries in Paholpolpayuhasena Hospital. *Med Assoc Thai*. 2003. Vol. 86. № 2. P. 103–110.
3. Kern SJ et al. Sonographic examination of abdominal trauma by senior surgical residents. *Am Surg*, 01 Aug 1997, 63(8). P. 669–674.
4. Ozkokeli M. A case of successfully treated inferior vena cava injury / M.Ozkokeli, M. Ates, U. Topaloglu [et al.]. *Tohoku J. Exp. Med*. 2003. Vol. 200, №2. P. 99–101.
5. Soto J.A et al. Penetrating stab wounds to the abdomen: use of serial US and contrast-enhanced CT in stable patients. *Radiology*. 2001. Vol. 202. № 2. P. 365–371.
6. Taviloglu K. When to operate on abdominal stab wounds. *Scand J Surg*. 2002;91(1):58-61.
7. Наш досвід лікування вогнепальних поранень кінцівок / І. І. Жердев та ін. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів України*. 2019. С. 68–69.
8. Negative pressure wound therapy for surgical site infections: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / H. Z. Li et al. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. 2019. Vol. 25. № 11. P. 1328–1338.
9. Saeg F, Schoenbrunner A., Janis J. Evidence-based wound irrigation: separating fact from fiction. *Plastic and reconstructive surgery*. 2021. Vol. 148. № 4. P. 601–614.
10. Maurya S., Bhandari P. S. Negative pressure wound therapy in the management of combat wounds: a critical review. *Advances in wound care*. 2016. Vol. 5. № 9. P. 379–389.

References:

1. Buddhaboriwan T. (2003). Management of liver injuries in Paholpolpayuhasena Hospital. *Med Assoc Thai*. 28–37.
2. Beekley A.C. et al. (2008). Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. *Trauma*. 103–110.
3. Kern SJ et al. (1997). Sonographic examination of abdominal trauma by senior surgical residents. *Am Surg*, 01 Aug. 669–674.
4. Ozkokeli M. A. et al. (2003). case of successfully treated inferior vena cava injury. *Tohoku J. Exp. Med*. 99–101.
5. Soto J.A et al. (2001). Penetrating stab wounds to the abdomen: use of serial US and contrast-enhanced CT in stable patients. *Radiology*. 365–371.
6. Taviloglu K. (2002). When to operate on abdominal stab wounds. *Scand J Surg*. 58–61.
7. Zherdiev I. I. ta in. (2019). Nash dosvid likuvannia vohnepalnykh poranen kintsivok. [Our experience in the treatment of gunshot wounds of the extremities]. *Zbirnyk naukovykh prats XVIII zizdu ortopediv-travmatolohiv Ukrainy*. 68–69. [in Ukrainian].
8. Li H. Z. et al. (2019). Negative pressure wound therapy for surgical site infections: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. 1328–1338.
9. Saeg F, Schoenbrunner A., Janis J. (2021). Evidence-based wound irrigation: separating fact from fiction. *Plastic and reconstructive surgery*. 601–614.
10. Maurya S., Bhandari P. S. (2016). Negative pressure wound therapy in the management of combat wounds: a critical review. *Advances in wound care*. 379–389.