

©П. Т. МУРАВИЙОВ

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7733-885X>

©М. Г. БЕЗПАЛЬКО

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1338-4236>

©В. В. КОЛОДІЙ

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7344-9357>

©В. Г. ШЕВЧЕНКО

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7849-4897>

Одеський національний медичний університет, Одеса, Україна

Нутріціологічна підтримка у лікуванні вогнепальних поранень: роль гідролізатів колагену

Мета роботи: оцінити ефективність призначення гідролізатів колагену в комплексному лікуванні вогнепальних поранень кінцівок у військовослужбовців.

Матеріали і методи. У дослідженні взяли участь 80 військовослужбовців віком 20–59 років із вогнепальними пораненнями кінцівок, яких поділили на дві групи: групу порівняння (контрольна, стандартне лікування, $n=42$) та основну ($n=38$; стандартне лікування + гідролізат колагену перорально протягом 45–60 діб). Групи не відрізнялися за віком ($(33,4\pm1,2)$ та $(34,1\pm1,4)$ року), індексом маси тіла ($(27,7\pm3,2)$ проти $(28,3\pm2,7)$ кг/м²; $p>0,05$), тяжкістю травм та частотою супутньої патології. Найбільш поширеними були уламкові поранення (72,5 %), частіше нижніх кінцівок (61,3 %), що відображало умови бойових дій. Оцінювали клінічні та лабораторні показники: динаміку очищення ран, формування грануляційної тканини, рівень мікробної контамінації, цитологічні характеристики мазків, інтенсивність запалення та маркери інтоксикації.

Результати. У контрольній групі загоєння відбувалося типовим шляхом із вираженою лейкоцитарною інфільтрацією ($(130,5\pm7,5)$ клітин у полі зору на 7-му добу), високим рівнем деструкції ($(96,5\pm2,0)$ %) та тривалою мікробною контамінацією ($(3,5\pm0,8\times100$ МТ/100) лейкоцитів). У пацієнтів, які отримували гідролізат колагену, на 7-му добу кількість лейкоцитів була достовірно нижчою ($101,5\pm6,8$; $p<0,05$), а частка їх деструктивних форм зменшилася майже у 1,5 раза ($(63,5\pm4,2)$ % проти $(92,4\pm3,1)$ %; $p<0,01$). На 14-ту добу мікробна контамінація знижувалася до $0,4\pm0,1$ (проти $1,3\pm0,4$ – у контрольній групі; $p<0,05$). Цитологічний аналіз показав швидший перехід від дегенеративно-запальних до регенераторних цитограм: кількість макрофагів і фібробластів в основній групі на 14-ту добу перевищувала значення у контрольній групі майже удвічі ($(18,5\pm1,4)$ % та $(12,8\pm0,9)$ % проти $(8,5\pm0,7)$ % та $(5,9\pm0,6)$ %; $p<0,01$). До 21-ї доби цитограма основної групи відповідала стадії зрілого грануляційного процесу, тоді як у пацієнтів із контрольної групи зберігалися ознаки уповільненого запалення.

Висновки. Включення гідролізатів колагену до комплексної терапії вогнепальних поранень забезпечує протективний ефект: знижує вираження запальної деструкції, пришвидшує санацію ран від патогенної флори та стимулює раннє формування макрофально-фібробластичного компонента, необхідного для якісної регенерації. Метод має перспективи для широкого застосування у військовій медицині, оскільки сприяє скороченню термінів лікування, зниженню ризику інфекційних ускладнень та підвищенню ефективності відновлення у поранених.

Ключові слова: вогнепальні поранення; цитологічна картина; хірургічна тактика; загоєння ран; гідролізати колагену; лікування.

Постановка проблеми й аналіз останніх досліджень. Вогнепальні поранення залишаються однією з найактуальніших проблем сучасної військової та цивільної медицини, оскільки характеризуються складним патогенезом, високим ризиком інфекційних ускладнень і значним навантаженням на репаративні процеси організму [1, 2]. Клінічний перебіг загоєння ран визначається не лише обсягом та характером ушкодження, але й функціональним станом імунної системи, метаболічними резервами, а також адекватністю нутритивного забезпечення [3]. Відомо, що гостра травма супроводжується активацією запальної реакції, розвитком катаболізму та під-

вищеною потребою у макро- і мікронутрієнтах, необхідних для синтезу структурних білків, колагену, клітин імунної системи та факторів росту [1, 3].

Дані цитологічних і гістологічних досліджень ран підтверджують, що перебіг запалення має фазовий характер: альтерація тканини, ексудація, проліферація та подальша репарація [4]. На кожному етапі формуються специфічні клітинні інфільтрати, від інтенсивності й збалансованості яких залежить швидкість і якість загоєння. Макрофаги, лімфоцити, фібробласти й ендотеліальні клітини беруть участь у кліренсі некротичних мас, неоангіогенезі та побудові грануляційної тканини.

Нутріціологічна підтримка при вогнепальних пораненнях набуває особливого значення, оскільки тяжкі ушкодження часто поєднані з крововтратою, гіпоксією, поліорганною дисфункцією та інфекційними ускладненнями [3, 5, 6]. В таких умовах відновлення білкового балансу, поповнення енергетичних ресурсів і корекція мікронутрієнтного дефіциту безпосередньо впливають на ефективність імунної відповіді та швидкість переходу від запалення до регенерації. Достатнє надходження амінокислот (глутаміну, аргініну, проліну) сприяє активному синтезу колагену, а антиоксиданти знижують рівень оксидативного стресу, що перешкоджає хронізації ранового процесу [5]. Особливе місце у нутритивній підтримці при лікуванні вогнепальних поранень займає застосування гідролізатів колагену [7, 8].

Поєднання морфологічних досліджень, які відображають перебіг клітинних реакцій у рані, з сучасними підходами нутритивної підтримки створює нові можливості для оптимізації лікування пацієнтів із вогнепальними пораненнями [9]. Вивчення ролі цілеспрямованого нутріціологічного впливу на динаміку загоєння ран дозволяє не лише поглибити розуміння патогенетичних механізмів, але й розробити ефективні протоколи комплексної терапії, спрямовані на скорочення термінів лікування, зниження частоти ускладнень та підвищення якості життя поранених.

Мета роботи: оцінити ефективність призначення гідролізатів колагену в комплексному лікуванні вогнепальних поранень кінцівок у військовослужбовців.

Матеріали і методи. Дослідження проведено на базі хірургічних відділень м. Одеси, де перебували на лікуванні 80 військовослужбовців із вогнепальними пораненнями кінцівок. Усі пацієнти були госпіталізовані у гострому періоді травми та отримували стандартну комплексну допомогу, що включала первинну хірургічну обробку ран, інфузійну терапію, антибактеріальний захист і симптоматичне лікування.

Залежно від схеми лікування пацієнтів рандомізовано поділили на дві групи: основну ($n=38$), де до стандартного лікування додавали нутріціологічну підтримку у вигляді гідролізату колагену перорально протягом 45–60 діб, та групу порівняння ($n=42$), у якій застосовували лише стандартні методи лікування без спеціалізованих нутритивних засобів. Групи були зіставними за віком, статтю, тяжкістю травми та супутньою патологією.

Клінічна оцінка включала аналіз загального стану пацієнтів, інтенсивності больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою (ВАШ), тер-

мінів очищення ран і формування грануляційної тканини, швидкості епітелізації та особливостей рубцювання [10]. Особливу увагу приділяли частоті інфекційних ускладнень (нагноєння, флегмони, остеомієліт) та тривалості стаціонарного лікування.

Морфологічну оцінку заживлення ран проводили шляхом дослідження мазків-відбитків у ранньому (15–21 доби) післяопераційному періоді. У пацієнтів із вогнепальними пораненнями рана очищалась, з неї видалялись некротичні маси, залишки лікарських засобів, якими вона оброблялась. З рани (з однієї і тієї ж ділянки) послідовно брали 2 мазки-відбитки стерильним тонким тампоном [11]. З тампона мазки наносились на очищене предметне скельце і підсушувались на вільному повітрі. В лабораторії мазки фіксувались розчином Май – Грюнвальда і дофарбовувались за Романовським – Гімзою. При мікроскопії мазка огляд проводився при $\times 400$, підрахунок – на 100–300 клітин у різних полях зору залежно від однорідності клітинного складу мазків.

Усі клінічні дослідження проводилися відповідно до Гельсінської декларації (1964, редакція 2024), національних етичних норм та внутрішніх протоколів установи [12]. Всі пацієнти надали письмову інформовану згоду на участь у дослідженні.

Статистичний аналіз виконували з використанням описової статистики, критеріїв Стюдента та χ^2 Пірсона, а також непараметричних тестів Манна – Уїтні при відсутності нормального розподілу [13]. Значущість результатів встановлювали на рівні $p < 0,05$. Для обробки даних застосовували пакет Statistica 14.1.25 (TIBCO, США) [14].

Результати. У дослідженні брали участь військовослужбовці віком від 20 до 59 років. Найбільш чисельними були вікові групи 20–29 та 30–39 років, що разом становили понад 60 % усіх поранених як в основній, так і в групі порівняння. Середній вік пацієнтів у дослідній групі складав близько ($33,4 \pm 1,2$) року, а у контрольній – ($34,1 \pm 1,4$) року, що відображає переважання молодого та середнього віку військовослужбовців.

Середній індекс маси тіла пацієнтів склав у контрольній групі ($28,3 \pm 2,7$) $\text{кг}/\text{м}^2$, а в основній групі – ($27,7 \pm 3,2$) $\text{кг}/\text{м}^2$ ($p > 0,05$). Значна частина військовослужбовців мала супутню патологію, в тому числі гіпертонічну хворобу (26,3 %), цукровий діабет 2 типу (8,8 %), хронічну обструктивну хворобу легень (30,0 %) хронічний гастродуоденіт (17,5 %), жовчнокам'яну (7,5 %), сечокам'яну хвороби (6,3 %), варикозну хворобу нижніх кінцівок (7,5 %), деформуючий остеоартроз (3,8 %). Злов-

живали курінням 33 (41,3 %) пацієнтів, середня кількість споживання тютюнових виробів відповідала (11,1±2,2) пачко-року.

За локалізацією ушкоджень переважали поранення нижніх кінцівок (61,3 %), що пояснюється відкритістю цієї ділянки тіла під час бойових дій та високою ймовірністю ураження уламками. Поранення верхніх кінцівок складала 27,5 %, тоді як ушкодження плечового пояса та таза відзначалися значно рідше (11,3 %).

За механізмом ураження більшість випадків становили уламкові поранення (72,5 %), які характеризувалися множинними вхідними отворами, значною площею ушкодження м'яких тканин та високим ризиком розвитку інфекційних ускладнень. Кульові поранення становили 27,5 %, при цьому клінічно визначити калібр кулі можливо було лише орієнтовно – за розміром вхідного отвору та обсягом руйнування тканин. У дослідженні найчастіше реєстрували поранення, характерні для стрілецької зброї малого та середнього калібрів (5,45–7,62 мм).

Час від моменту отримання травми до госпіталізації та включення у дослідження варіював від 1–3 діб у більшості постраждалих до 7–10 діб в частини пацієнтів. Це безпосередньо впливало на цитологічну картину ран: при ранніх термінах переважали некротичні мазки, тоді як у пацієнтів, госпіталізованих у пізніші строки, виявлялися дегенеративно-запальні зміни (табл.).

У групі порівняння спостерігали поступову зміну типів цитогам від дегенеративно-запальних на 1-шу та 7-му доби до регенераторно-запальних і регенераторних на 14-ту та 21-шу доби. Середнє число лейкоцитів у полі зору на 1-шу добу становило 86,5±11,2, на 7-му добу зростало до 130,5±7,5, що супроводжувалося високим рівнем їх деструкції ((96,5±2,0) %). На 14-ту добу кількість лейкоцитів знижувалася до 86,5±8,4, тоді як показники деструкції залишалися високими ((60,5±5,5) %). До 21-ї доби відзначалося різке зниження числа лейкоцитів (20,5±2,1; $p<0,05$ відносно 1-ї та 7-ї діб), а рівень деструкції нормалізувався до (62,5±3,8) %, що свідчило про згасання гострого запалення.

Таблиця. Порівняльна характеристика цитологічних показників у контрольній та основній групах (M±SE)

Показник	Доба спостереження	Контрольна група (n=42)	Основна група (n=38)	p
Кількість лейкоцитів у полі зору	1-ша	86,5±11,2	79,5±10,3	>0,05
	7-ма	130,5±7,5	101,5±6,8	<0,05
	14-та	86,5±8,4	55,8±7,2	<0,01
	21-ша	20,5±2,1	17,2±2,0	>0,05
Деструкція лейкоцитів, %	1-ша	96,5±2,0	85,2±3,1	<0,05
	7-ма	92,4±3,1	63,5±4,2	<0,01
	14-та	60,5±5,5	42,3±4,7	<0,01
	21-ша	62,5±3,8	31,5±3,2	<0,01
Мікробна контамінація (×100 МТ/100 лейкоцитів)	1-ша	2,8±0,6	2,1±0,4	<0,05
	7-ма	3,5±0,8	1,4±0,3	<0,01
	14-та	1,3±0,4	0,4±0,1	<0,05
	21-ша	поодинокі	відсутні	<0,05
Нейтрофіли, %	1-ша	89,0±5,1	87,3±5,2	>0,05
	7-ма	91,0±4,3	74,5±4,1	<0,05
	14-та	62,0±4,3	54,0±3,7	<0,05
	21-ша	45,5±3,9	32,2±3,1	<0,01
Макрофаги, %	7-ма	3,5±0,5	6,8±0,7	<0,05
	14-та	8,5±0,7	18,5±1,4	<0,01
	21-ша	15,2±1,1	21,3±1,5	<0,05
Фібробласти, %	7-ма	2,3±0,3	6,2±0,7	<0,01
	14-та	5,9±0,6	12,8±0,9	<0,01
	21-ша	8,9±0,8	15,4±1,2	<0,01

Мікробна контамінація у пацієнтів контрольної групи була максимально вираженою на 1-шу та 7-му доби ($2,8\text{--}3,5 \times 100$ мікробних тіл на 100 лейкоцитів), поступово знижувалася на 14-ту добу ($1,25 \times 10$) та ставала мінімальною до 21-ї доби (поодинокі знахідки). Фагоцитарна активність у цей період була переважно незавершеною, з елементами позаклітинного розташування флори, що підтверджувало виснаження резервів нейтрофілів.

У клітинному складі мазків на 1–7 доби домінували нейтрофіли (89–91 %), при мінімальній представленості лімфоцитів і моноцитів. Починаючи з 14-ї доби, кількість нейтрофілів достовірно знижувалася до ($62,0 \pm 4,3$) %, натомість зростала частка макрофагів і фібробластів – ($8,5 \pm 0,7$) % та ($5,9 \pm 0,6$) % відповідно; $p < 0,05$ порівняно з початковими даними. На 21-шу добу переважали фібробласти – ($8,9 \pm 0,8$) % та макрофаги – ($15,2 \pm 1,1$) %, що відповідало періоду активного грануляційного росту.

Статистичний аналіз підтвердив достовірні відмінності між ранніми (1–7 доби) і пізніми (14–21 доби) термінами дослідження за рівнем лейкоцитарної інфільтрації ($p < 0,01$), ступенем деструкції лейкоцитів ($p < 0,05$), часткою нейтрофілів ($p < 0,01$) та кількістю фібробластів ($p < 0,05$).

В основній групі, де поряд зі стандартною терапією застосовували нутріціологічну підтримку у вигляді гідролізату колагену, спостерігали швидший і більш гармонійний перехід від запальної до регенеративної фази. Типи цитограм змінювалися динамічніше: від дегенеративно-запальних у перші доби до регенераторно-запальних уже на 7–10-ту добу, а до 14-ї доби у більшості пацієнтів фіксували переважно регенераторний тип мазків (рис.). На 21-шу добу цитограма відповідала стадії

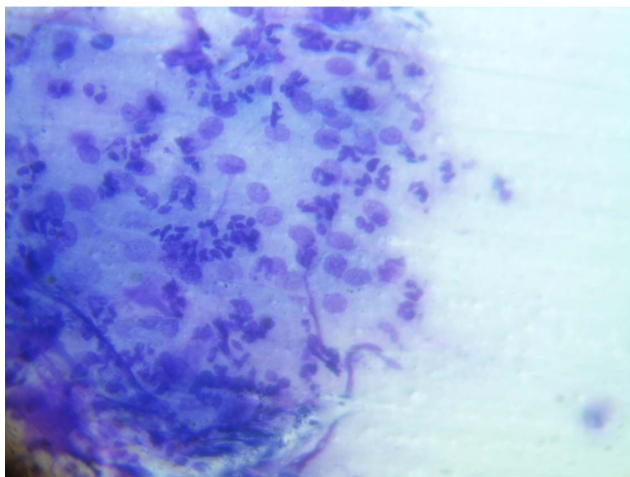


Рис. Регенераторний тип мазка. Фарбування за Романовським – Гімзою. $\times 400$.

зрілого грануляційного процесу із наявністю значної кількості фібробластів і макрофагів.

Середнє число лейкоцитів у полі зору на 1-шу добу становило $79,5 \pm 10,3$, на 7-му добу – $101,5 \pm 6,8$, що достовірно менше, ніж у контрольній групі ($p < 0,05$). При цьому рівень їх деструкції був нижчим – ($85,2 \pm 3,1$) % проти ($96,5 \pm 2,0$) % у контрольній групі, що свідчить про протективний ефект колагену. На 14-ту добу кількість лейкоцитів знижувалася до $55,8 \pm 7,2$, а показники деструкції зменшувалися до ($42,3 \pm 4,7$) % ($p < 0,01$ порівняно з контрольною групою). До 21-ї доби відзначалося суттєве зниження числа лейкоцитів ($17,2 \pm 2,0$) при нормалізації деструктивних змін до ($31,5 \pm 3,2$) %, що відображало більш швидке згасання запалення.

Мікробна контамінація у пацієнтів цієї групи також була менш вираженою: на 1-шу добу вона становила близько $2,1 \times 100$ мікробних тіл на 100 лейкоцитів, на 7-му добу знижувалася до $1,4 \times 100$, а на 14-ту добу була мінімальною ($0,3\text{--}0,5 \times 10$). До 21-ї доби патогенна флора не виявлялася у більшості випадків. При цьому фагоцитарна активність нейтрофілів була вищою і характеризувалася більшою часткою завершеного фагоцитозу, що підтверджувало відновлення клітинних механізмів антиінфекційного захисту.

У клітинному складі мазків на 1–3-тю добу зберігалася домінування нейтрофілів – ($87,3 \pm 5,2$ %, проте вже на 7-му добу їх кількість достовірно знижувалася до ($74,5 \pm 4,1$) %; $p < 0,05$ порівняно з контрольною групою, тоді як частка макрофагів та фібробластів зростала (($10,1 \pm 0,9$) % і ($6,2 \pm 0,7$) % відповідно). На 14-ту добу переважали макрофаги – ($18,5 \pm 1,4$) % та фібробласти – ($12,8 \pm 0,9$) %, що свідчило про активну фазу грануляційного росту. До 21-ї доби цитограма набувала ознак зрілої репарації з максимальною кількістю фібробластів – ($15,4 \pm 1,2$) % і зниженням нейтрофільного компонента до фізіологічного рівня.

Статистичний аналіз підтвердив достовірні відмінності між основною групою та групою порівняння: в пацієнтів, які отримували колаген, відзначалося значно нижче число лейкоцитів та менший рівень їх деструкції на 7-му та 14-ту доби ($p < 0,01$), швидше зменшення мікробної контамінації ($p < 0,05$), вищий рівень завершеного фагоцитозу ($p < 0,05$), а також достовірне зростання макрофагально-фібробластичного компонента на 14–21 доби ($p < 0,01$).

Таким чином, в основній групі загоєння вогнепальних ран перебігало з менш вираженою запальною деструкцією, швидшою санацією від мікробної флори та раннім наростанням клітин, що відповідають за регенерацію (макрофаги, фібробласти).

Це доводить протективну дію колагенових гідролізатів, які не лише зменшують надлишкову імунну відповідь, але й стимулюють репаративні процеси, сприяючи формуванню більш зрілого та функціонально повноцінного грануляційного рубця.

Обговорення. Отримані результати підтверджують дані сучасних публікацій, які акцентують увагу на ролі нутритивної підтримки у загоєнні тяжких травматичних ушкоджень [3, 5, 7]. Зокрема, низка досліджень свідчить, що адекватне білково-енергетичне забезпечення пришвидшує репаративні процеси, сприяє нормалізації імунної відповіді та знижує ризик інфекційних ускладнень у поранених. Введення в терапію гідролізатів колагену в нашому дослідженні забезпечило більш раннє згасання запалення, зниження лейкоцитарної інфільтрації та зменшення мікробної контамінації, що узгоджується з даними літератури про стимулювальний ефект амінокислот (гліцину, проліну, гідроксипроліну) на синтез колагену та відновлення матриксу [7, 8, 15].

Порівняння з попередніми клінічними роботами показує, що використання колагенових добавок є перспективним як у відновній хірургії, так і у військово-польових умовах [7, 8, 16]. Зарубіжні автори відзначають зниження частоти нагноєнь і скорочення тривалості стаціонарного лікування в пацієнтів, які отримували нутритивну підтримку, багату на білкові пептиди та амінокислоти [15]. Наші результати підтвердили ці тенденції: у дослідній групі грануляційна тканина формувалася швидше, а макрофагально-фібробластичний компонент досягав піку на 14-ту добу, тоді як у контрольній групі подібні зміни відмічалися значно пізніше.

Водночас робота має певні обмеження. По-перше, дослідження проводилося на відносно невеликій вибірці військовослужбовців, що обмежує можливості для широких узагальнень. По-друге, строки госпіталізації були різними (від 1 до 10 діб після поранення), що могло впливати на початкові цитологічні характеристики ран. По-третє, оцінка клінічної ефективності була сфокусована переважно на морфологічних та цитологічних показниках без аналізу довгострокових функціональних результатів (еластичність рубця, функція кінцівки тощо). Нарешті, не враховувались індивідуальні відмінності у нутритивному статусі пацієнтів до травми, які потенційно можуть модифікувати ефективність підтримки колагеном.

Попри ці обмеження, результати роботи роблять вагомий внесок у доказову базу щодо ефективності нутриціологічної підтримки з гідролізата-

ми колагену при вогнепальних пораненнях. Вони підтверджують доцільність застосування цього підходу у військовій медицині як допоміжного методу, що дозволяє зменшити тривалість запальної фази, пришвидшити формування грануляційної тканини та знизити ризик ускладнень у поранених. Подальші багатоцентрові дослідження із залученням більшої кількості пацієнтів і тривалим періодом спостереження є необхідними для уточнення оптимальних доз, схем та тривалості нутритивної підтримки.

Висновки. 1. У пацієнтів із вогнепальними пораненнями кінцівок застосування гідролізату колагену в складі комплексного лікування достовірно зменшувало лейкоцитарну інфільтрацію та рівень деструкції клітин: на 7-му добу кількість лейкоцитів була нижчою ($101,5 \pm 6,8$ проти $130,5 \pm 7,5$; $p < 0,05$), а частка деструктивних форм знижувалася майже в 1,5 раза – ($63,5 \pm 4,2$) % проти ($92,4 \pm 3,1$) %; $p < 0,01$.

2. Використання колагену сприяло швидшій санації ран від мікробної флори: уже на 14-ту добу мікробна контамінація в дослідній групі була майже утричі меншою, ніж у групі порівняння ($0,4$ проти $1,25 \times 100$ мікробних тіл на 100 лейкоцитів; $p < 0,05$), що підтверджує протективний ефект нутритивної підтримки.

3. Нутритивна підтримка гідролізатами колагену забезпечувала достовірне зростання макрофагально-фібробластичного компонента, необхідного для формування грануляційної тканини: на 14-ту добу вміст макрофагів і фібробластів у дослідній групі перевищував значення групи порівняння майже удвічі ($p < 0,01$). Це вказує на пришвидшений перехід до репаративної фази та якісніше формування рубця.

4. Отримані результати мають важливе значення для військової медицини, оскільки підтверджують ефективність нутриціологічної підтримки з гідролізатами колагену в лікуванні вогнепальних поранень. Такий підхід дозволяє скоротити тривалість запальної фази, знизити ризик інфекційних ускладнень та пришвидшити репаративні процеси.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Зовнішні джерела фінансування не залучали.

Внесок авторів. Муравйов П. Т. – ідея та дизайн дослідження, концепція та загальне керівництво. Безпалько М. Г. – огляд літератури, збір матеріалу, аналіз результатів, написання статті. Колодій В. В., Шевченко В. Г. – збір матеріалу, аналіз результатів, написання статті, формування висновків.

REFERENCES

1. Ponomarenko OV, Pysanko VV, Mialkovskiy DS, Tkachuk DV. The management of the victims with gunshot wounds of the extremities with extensive defects of the soft tissues at the level of qualified medical care. *Case-series. Wiad Lek.* 2023; 76(5Pt2):1227-32. DOI: 10.36740/WLek202305214. PMID: 37364077.
2. Meade A, Hembd A, Cho MJ, Zhang AY. Surgical treatment of upper extremity gunshot injuries: an updated review. *Ann Plast Surg.* 2021; 86(3S2):S312-8. DOI: 10.1097/SAP.0000000000002634. PMID: 33346543.
3. Ghaly P, Iliopoulos J, Ahmad M. The role of nutrition in wound healing: an overview. *Br J Nurs.* 2021; 30(5):S38-42. DOI: 10.12968/bjon.2021.30.5.S38. PMID: 33733851.
4. Baum GR, Baum JT, Hayward D, MacKay BJ. Gunshot wounds: ballistics, pathology, and treatment recommendations, with a focus on retained bullets. *Orthop Res Rev.* 2022; 14:293-317. DOI: 10.2147/ORR.S378278. PMID: 36090309. PMCID: PMC9462949.
5. Penn-Barwell JG, Brown KV, Fries CA. High velocity gunshot injuries to the extremities: management on and off the battlefield. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2015; 8(3):312-7. DOI: 10.1007/s12178-015-9289-4. PMID: 26108862. PMCID: PMC4596205.
6. Maqungo S, Kauta N, Held M, Mazibuko T, Keel MJ, Laubscher M, Ahmad SS. Gunshot injuries to the lower extremities: issues, controversies and algorithm of management. *Injury.* 2020; 51(7):1426-31. DOI: 10.1016/j.injury.2020.05.024. PMID: 32471684.
7. Muraviov TP, Bepalko MH, Davydov DM. Vplyv hidrolizatu kolahenu na zahoyennya ran v umovakh eksperymental'noho modelyuvannya perebihu ranovoho protsesu v shchuriv [The effect of collagen hydrolysate on wound healing in experimental modeling of the course of the wound process in rats]. *OMZH.* 2025; 2(193):15-22. Ukrainian.
8. Bagheri Miyab K, Alipoor E, Vaghardoost R, Saberi Isfeedvajani M, Yaseri M, Djafarian K, Hosseinzadeh-Attar MJ. The effect of a hydrolyzed collagen-based supplement on wound healing in patients with burn: a randomized double-blind pilot clinical trial. *Burns.* 2020; 46(1):156-63. DOI: 10.1016/j.burns.2019.02.015. PMID: 31859087.
9. Mikhaylusov R, Negoduyko V, Gubina-Vakulik G, Pavlov S, Pavlova G, Veligotsky A, Khvysiuk O. Morphological features of the simulated gunshot wounds of rabbits' soft tissues at different temperatures of injuring object. *Med Perspekt.* 2021; 26(1):201-9. Available from: <https://journals.uran.ua/index.php/2307-0404/article/view/228013>.
10. Pro zatverdzhennya Metodychnykh rekomendatsiy shchodo pervynnoyi khirurhichnoyi obrobky vohnepal'nykh ran [On approval of Methodological recommendations for primary surgical treatment of gunshot wounds]. Nakaz Ministerstv okhorony zdorov'ya Ukrayiny – Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 389 dated February 28, 2022. Available from: <https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukraini-vid-28022022-389-pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacij-schodo-pervynnoi-hirurgichnoi-obrobki-vognepalnih-ran>. Ukrainian.
11. Kamatchi V, Babu NA, Sankari SL, Rajesh E. Imprint cytology. *J Pharm Bioallied Sci.* 2015; 7(1):S207-8. DOI: 10.4103/0975-7406.155905. PMID: 26015712. PMCID: PMC4439672.
12. World Medical Association. WMA Declaration of Helsinki – Ethical principles for medical research involving human participants. Available from: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki>.
13. Babiienko VV, Mokiienko AV, Levkovs'ka VYU. Biostatystyka: navchal'no-metodychnyy posibnyk [Biostatistics: a teaching and methodological manual]. Odesa: Pres-kur'yer. 2022; 180. Ukrainian.
14. Fetisov VS. Paket statystychnoho analizu danykh STATISTICA [Statistical data analysis package STATISTICA]. Nizhyn. 2018; Available from: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053477.pdf>.
15. Mathew-Steiner SS, Roy S, Sen CK. Collagen in wound healing. *Bioengineering (Basel).* 2021; 8(5):63. DOI: 10.3390/bioengineering8050063. PMID: 34064689. PMCID: PMC8151502.
16. Harlow J, Blodgett K, Stedman J, Pojednic R. Dietary supplementation on physical performance and recovery in active-duty military personnel: a systematic review of randomized and quasi-experimental controlled trials. *Nutrients.* 2024; 16(16):2746. DOI: 10.3390/nu16162746. PMID: 39203882. PMCID: PMC11357047.

Отримано 02.10.2025

Електронна адреса для листування: gemostatik@gmail.com

P. T. MURAVIOV, M. H. BEZPALKO, V. V. KOLODIY, V. H. SHEVCHENKO

Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

NUTRITIONAL SUPPORT IN THE TREATMENT OF GUNSHOT WOUNDS: THE ROLE OF COLLAGEN HYDROLYSATES

The aim of the work: to evaluate the effectiveness of collagen hydrolysates in the comprehensive treatment of gunshot limb wounds in military personnel.

Materials and Methods. The study included 80 servicemen aged 20–59 years with gunshot injuries of the limbs, who were divided into two groups: control (n=42; standard treatment) and main (n=38; standard treatment plus oral collagen hydrolysate for 45–60 days). The groups did not differ in age (33.4 ± 1.2 vs. 34.1 ± 1.4 years), body mass index (27.7 ± 3.2 vs. 28.3 ± 2.7 kg/m²; $p > 0.05$), severity of injuries, or frequency of comorbidities. The most common were shrapnel wounds (72.5%), more often affecting the lower limbs (61.3%), reflecting the conditions of combat operations. Clinical and laboratory parameters were assessed: wound cleansing dynamics, granulation tissue formation, microbial contamination level, cytological smear characteristics, inflammation intensity, and markers of intoxication.

Results. In the control group, wound healing followed the typical course with marked leukocyte infiltration (130.5 ± 7.5 cells per field of view on day 7), high levels of leukocyte destruction (96.5 ± 2.0 %), and prolonged microbial contamination ($3.5 \pm 0.8 \times 100$ microbial bodies per 100 leukocytes). In patients receiving collagen hydrolysate, the leukocyte count on day 7 was significantly lower (101.5 ± 6.8 ; $p < 0.05$), while the proportion of destroyed cells decreased nearly 1.5-fold (63.5 ± 4.2 % vs. 92.4 ± 3.1 ; $p < 0.01$). By day 14, microbial contamination decreased to 0.4 ± 0.1 (vs. 1.3 ± 0.4 in the control group; $p < 0.05$). Cytological analysis showed a faster transition from degenerative-inflammatory to regenerative cytograms: the number of macrophages and fibroblasts in the experimental group on day 14 was nearly twice as high as in controls (18.5 ± 1.4 % and 12.8 ± 0.9 % vs. 8.5 ± 0.7 % and 5.9 ± 0.6 %; $p < 0.01$). By day 21, the cytogram of the main group corresponded to the stage of mature granulation, while in control patients signs of delayed inflammation persisted.

Conclusions. The inclusion of collagen hydrolysates in the comprehensive therapy of gunshot wounds provides a protective effect: it reduces the severity of inflammatory destruction, accelerates wound sanitation from pathogenic flora, and stimulates early formation of the macrophage–fibroblast component necessary for effective regeneration. The method has prospects for wide use in military medicine, as it shortens healing time, lowers the risk of infectious complications, and increases recovery efficiency in wounded servicemen.

Key words: gunshot wounds; cytological picture; surgical tactics; wounds healing; collagen hydrolysates; treatment.

Відомості про авторів

Муравйов П. Т. – професор кафедри хірургії з післядипломною освітою Одеського національного медичного університету, Одеса, Україна, e-mail: gemostatik@gmail.com.

Безпалько М. Г. – аспірант кафедри хірургії з післядипломною освітою Одеського національного медичного університету, Одеса, Україна, e-mail: surgerykathetra@gmail.com.

Колодій В. В. – доцент кафедри хірургії з післядипломною освітою Одеського національного медичного університету, Одеса, Україна, e-mail: vvkolodiy.1978@gmail.com.

Шевченко В. Г. – доцент кафедри хірургії з післядипломною освітою Одеського національного медичного університету, Одеса, Україна, e-mail: cujo22101984@gmail.com.

Information about the authors

Muraviov P. T. – Professor, Department of Surgery with Postgraduate Education, Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine, e-mail: gemostatik@gmail.com.

Bezpalko M. H. – Postgraduate (PhD) Student, Department of Surgery with Postgraduate Education, Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine, e-mail: surgerykathetra@gmail.com.

Kolodiy V. V. – Associate Professor, Department of Surgery with Postgraduate Education, Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine, e-mail: vvkolodiy.1978@gmail.com.

Shevchenko V. H. – Associate Professor, Department of Surgery with Postgraduate Education, Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine, e-mail: cujo22101984@gmail.com.