

©М. Ю. КРИЦАК, Ю. М. ФУТУЙМА, М. АЛЬ ДЖЕХАНІ НАІФ АБДУЛЕЛА, М. О. ОНИСЬКІВ

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

Вплив ультразвукового дебридменту в поєднанні з ін'єкціями плазми, збагаченої тромбоцитами, на рановий процес в експерименті

Мета роботи: дослідити основні показники процесів ліпопероксидації, окиснювального метаболізму протеїнів, стану антиоксидантного захисту, клітинного та гуморального імунітету в щурів при різних видах впливу на рановий процес.

Матеріали і методи. Експеримент проведено на 45 білих статевозрілих щурах обох статей вихідною масою (220±12) г, яким моделювали цукровий діабет 1 типу. Усіх тварин розподілили на три групи, по 15 тварин у кожній групі. У контрольну групу увійшли 15 тварин, яким не проводили моделювання рани на задній кінцівці. У 1 експериментальну та 2 експериментальну групу увійшли по 15 особин, яким проводилось моделювання рани на задній кінцівці в поєднанні з венозною гіпертензією.

Вплив на рановий процес у двох експериментальних групах проводили методом ультразвукового дебридменту, апаратом Woodpecker piezo bone surgery. У другій експериментальній групі додатково проводили вплив на рановий процес методом Platelet-rich plasma injections (ін'єкції плазми збагаченої тромбоцитами).

Результати досліджень та їх обговорення. Отримані дані свідчать, що більш швидке загоєння рани відбувається за рахунок методу впливу на рановий процес ультразвукового дебридменту в поєднанні з ін'єкціями плазми, збагаченої тромбоцитами. Спостерігали зростання показників пероксидного окиснення, зниження швидкості їх інактивації компонентами антиоксидантної системи. Дослідження ендогенної інтоксикації показало, що даний процес супроводжується зростанням показників ендогенної інтоксикації – молекул середньої маси, еритроцитарного індексу інтоксикації, а також порушенням з боку клітинної та гуморальної ланки імунітету у вигляді Т-лімфоцитопенії та зростанням функціональної активності В-лімфоцитів з підвищенням вмісту основних сироваткових імуноглобулінів, що пов'язано з посиленням інтенсивності їх утворення або порушення механізмів елімінації. При застосуванні методики, яка використана у другій експериментальній групі, встановлено покращення показників на 14 день порівняно з першою експериментальною групою, що вказує на позитивний вплив поєднання ультразвукового дебридменту із ін'єкціями плазми.

Ключові слова: модель рани; ультразвуковий дебридмент; плазма збагачена тромбоцитами; клітинний і гуморальний імунітет; пероксидне окиснення.

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень та публікацій. Діабет став пандемією в усьому світі і залишається однією з найважливіших медичних і соціально-економічних проблем. Кількість хворих на цукровий діабет серед дорослої популяції (20–79 років) зараз становить близько 420 млн чоловік, до 2030 року досягне 479 млн, а до 2035 року – 592 млн [1, 2]. Пацієнти з інфікованими дефектами м'яких тканин при цукровому діабеті і не тільки складають значну частку від загальної кількості хірургічних хворих. Серед наукових праць з вивчення процесів, що відбуваються в ранових дефектах на клітинно-молекулярному рівні та запобігають їх загоєнню, особливий інтерес становлять роботи, присвячені патологіям діабету [2, 3].

На сьогодні ми можемо оцінити багато даних та отримати результати про перебіг багатьох захворювань за рахунок універсального патофізіологічного синдрому – синдрому ендогенної інтоксикації. Ендогенна інтоксикація виникає через надмірне накопичення продуктів як порушеного, так і нормального обміну речовин, що чинять токсичний вплив на клітини і тканини та призво-

дять до поглиблення і погіршення патологічних процесів в організмі, погіршенні перебігу захворювання [3, 4, 5].

Перебіг ранового процесу має значний вплив на імунну систему, оскільки вона відіграє провідну роль у збереженні здоров'я і визнана однією з надчутливих до дії несприятливих чинників. Гуморальний імунітет забезпечується імуноглобулінами різних класів, в основному IgM, IgA, IgG, які синтезуються плазматичними клітинами. Що є кінцевим етапом диференціювання В-лімфоцитів під впливом антигенного стимулу і хелперного сигналу [5, 6].

Окиснення білкових молекул під дією активних форм кисню, що утворюються в процесі метаболізму та зумовлюють не лише пероксидацію ліпідів, але й окиснювальну модифікацію протеїнів (ОМП), призводить до незворотного ушкодження мембранних структур, порушення їх проникності й загибелі клітин. In vitro показано, що продукти вільнорадикального окиснення білків спричиняють окиснювальне ураження ДНК. Нагромадження окисненого білка може бути раннім критерієм ушкодження тканин активними формами кисню і

при деяких патологічних станах досягає 50–70 % усього клітинного білка. Патогенетична роль продуктів ОМП зумовлена їх геномо- та цитотоксичністю, спроможністю викликати загибель клітин за типом апоптозу або некрозу [5, 6, 7].

Незважаючи на великий досвід та постійні наукові дослідження з розробки сучасних методів, лікування ран залишається однією з актуальних проблем хірургії. Результати спостережень засвідчують, що найефективніші сучасні лікарські засоби при їх застосуванні поступово втрачають ефективність.

Мета роботи: було дослідити основні показники процесів пероксидації, окиснювального метаболізму протеїнів, стану антиоксидантного захисту, клітинного та гуморального імунітету в щурів при різних видах впливу на рановий процес.

Матеріали і методи. Дослідження на лабораторних тваринах проводили відповідно до положень Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях від 18.03.1986 р., Директиви Ради Європи 2010/63/EU, Закону України “Про захист тварин від жорстокого поводження”.

Робота виконана на 45 білих статевозрілих щурах обох статей вихідною масою (220±12) г, яким моделювали цукровий діабет 1 типу шляхом введення у хвостову вену алоксану (15 мг/кг). Розвиток інсулярної недостатності підтверджували через 14 діб шляхом оцінки глікемії (більше 12 ммоль/л). Усіх тварин поділили на три групи, по 15 тварин у кожній групі. Під час експерименту утримували в однакових умовах віварію з вільним доступом до стандартного харчування та води. У контрольну групу (КГ) увійшли 15 тварин, яким не проводилось моделювання рани на задній кінцівці, отримані показники вважалися за норму. У 1 експериментальну (1ЕГ) та 2 експериментальну групу (2ЕГ) увійшли по 15 особин, яким проводилось моделювання рани на задній кінцівці в поєднанні з венозною гіпертензією.

По латеральній поверхні стегна за допомогою станка для гоління кінцівка звільнялась від шерсті. Операцію проводили під тіопенталовим знеболенням у дозі 40 мг/кг маси тварини. За допомогою скальпеля та хірургічних ножиць видаляли шкірний лоскут з поверхневою фасцією, розміром 2×2 см, дно рани додатково травмувалось скальпелем, методом створення насічок в поздовжньому та поперечному напрямках з метою створення некрозу в рані. Для запобігання крайовій епітелізації

та швидкої контракції рани по периметру дефект обшивали безперервним обвивним швом капроновою ниткою 5.0, фіксуючи край рани до фасції та м'язів. Венозну гіпертензію формували шляхом перев'язування стегнової вени нижче пахової зв'язки.

Вплив на рановий процес у двох експериментальних групах проводили методом ультразвукового дебридменту, апаратом Woodpecker piezo bone surgery. На відміну від традиційних методів з використанням скальпеля, ультразвуковий дебридмент ран розкриває біоплівки і дозволяє ефективно видаляти змертвілі тканини безпосередньо близько до здорових тканин [5, 6]. Це запорука чистоти ранової поверхні та швидкої грануляції. Забезпечується зростання ендогенних захисних реакцій та ускладнюється утворення нових бактеріальних біоплівок. У другій експериментальній групі додатково проводили вплив на рановий процес методом Platelet-rich plasma injections (ін'єкції плазми збагаченої тромбоцитами). Ін'єкції готувались шляхом взяття у пробірку крові та пропускання її через центрифугу для концентрації тромбоцитів. Тромбоцити відіграють важливу роль у загоєнні всього організму. Тромбоцити добре відомі своєю здатністю до згортання крові, але вони також містять фактори росту, які можуть ініціювати репродукцію клітин і стимулювати регенерацію тканин та загоєння в ділянці рани.

У процесі дослідження вивчали такі показники: вміст гідропероксидів ліпідів (ГПЛ); ТБК-активних продуктів (ТБК-АП); активність супероксиддисмутази (СОД) і каталази (КТ); церулоплазмину (ЦП); окислювальної модифікації протеїнів (ОМП); дієнових конюгат (ДК); молекул середньої маси при довжинах хвилі $\lambda = 254; 280$ нм (MCM₂₅₄, MCM₂₈₀); еритроцитарний індекс інтоксикації (ЕІІ); вмісту IgA, IgM, IgG, CD3+, CD4+, CD8+, CD16+.

Статистичну обробку цифрових даних виконано за допомогою програмного забезпечення “Excel» (“Microsoft”, США) та “STATISTICA” 6.0 (“Statsoft”, США). Достовірність різниці значень між незалежними кількісними величинами визначали за критерієм Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення. Спостереження показали, що у кожній експериментальній групі тварин на третю добу домінували процеси посттравматичного запального процесу, краї рани були валикоподібні, набряклі, рана вкрита товстими кірками коричневого кольору, дно гіперемоване.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

У подальші терміни спостереження, після застосування ультразвукового дебридменту, зареєстровано суттєві зміни у стані ран та перебігу загоєння. Відмічалось зменшення гіперемії та набряку, рани були вкритими тонким шаром кірок. У цей час проводилось уведення плазми у 2 експериментальній групі.

На 10-ту добу спостерігалась менша площа рани у 2ЕГ порівняно з 1ЕГ. Площа рани у 1ЕГ становила $(279 \pm 12,9)$ мм² а у 2ЕГ – $(207 \pm 13,4)$ мм², що є на 24 % менше, ніж перший показник. Далі

загоєння ран характеризувалось розвитком грануляційної тканини, яка із країв вкривалась епітелієм. Значно сильніше ці процеси домінували у тварин, яким проводили терапію плазмою.

Зважаючи на значну роль процесів ліпідної пероксидації у перебігу запальних реакцій, в тому числі і спричинених рановим процесом, ми досліджували інтенсивність нагромадження продуктів ліпопероксидації окислювального метаболізму протеїнів і стан антиоксидантної системи. Результати представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. Показники вільнорадикального окиснення ліпідів, окисної модифікації білків і стану антиоксидантної системи у щурів різних груп

Показник	Термін дослідження	Групи тварин		
		контрольна група	1 експериментальна група	2 експериментальна група
ТБК-АП, нмоль/г	7 день	1,01±0,02	2,12±0,02*	2,14±0,02*
	14 день		5,60±0,03*	3,31±0,02**
ГПЛ, ум.од./л	7 день	1,41±0,01	3,51±0,02*	3,49±0,02*
	14 день		6,20±0,03*	4,33±0,03**
ДК, ×10 ³ ум.од./л	7 день	1,03±0,02	2,31±0,03*	2,29±0,02*
	14 день		2,59±0,02*	2,12±0,02
ОМП ₃₂₀ , моль/г білка	7 день	0,72±0,02	1,22±0,02*	1,19±0,02*
	14 день		0,98±0,03*	0,90±0,03
ОМП ₄₃₀ , моль/г білка	7 день	0,61±0,05	1,34±0,03*	1,37±0,03*
	14 день		1,67±0,03*	1,31±0,02**
СОД, у.о./мг білка	7 день	29,3±1,2	19,1±1,7*	20,3±1,9*
	14 день		14,5±1,4*	21,6±1,7**
КТ, кмоль/ (хв.× мг білка)	7 день	39,3±1,3	48,4±1,8*	48,7±1,8*
	14 день		21,31,7*	31,4±1,7**
ЦП, мг/л	7 день	2,23±0,04	3,54±0,03*	3,50±0,03*
	14 день		3,96±0,05*	3,01±0,03

Примітки: * – $p < 0,05$ відносно контрольної групи;

** – $p < 0,05$ відносно першої експериментальної групи.

З наведених результатів видно, що зростає інтенсивність продукування проміжних продуктів ліпопероксидації. Так, вміст ТБК-АП на 7-й день збільшувався в експериментальних групах у 2,1 раза порівняно з КГ. Проте у групі, де проводились ін'єкції, спостерігалось зменшення цього показника на 40 % порівняно з 1ЕГ, але у 3,2 раза

більше порівняно із групою контролю. Аналогічна ситуація прослідковувалась із показником ГПЛ, який був більше норми на 249 %, але на 14 день був на 439 % та на 307 % більшим порівняно з КГ у 1ЕГ та 2ЕГ відповідно. Показник ДК на 7 добу експерименту був у 2,2 раза більшим у експериментальних групах, проте на 14 добу він був біль-

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

шим у 2,5 раза у 1ЕГ та у 2,1 раза у 2ЕГ порівняно з групою контролю. Однією з причин такого зростання, поряд з інтенсивним утворенням активних форм кисню, може бути також зниження швидкості їх інактивації компонентами антиоксидантної системи. Це вказує на активування оксигензалежних процесів у тканинах, спричинених мобілізацією з периферійної крові мононуклеарних фагоцитів і генерацією ними активних форм кисню з метою знищення інфекційного збудника.

У нашому дослідженні спостерігалась динаміка активності ключових ферментів антиоксидантного захисту – СОД і КТ. Зокрема, СОД рівень становив на 40 % нижче норми на 7-й день у експериментальних групах, проте на 14-й день у групі, де проводились ін'єкції плазми був на 48 % вищим порівняно з 1ЕГ, але у 1,3 раза нижчим порівняно з КГ. КТ була у 1,2 раза вища у групах, в яких моделювали рановий процес на 7-му добу, але на 14-ту добу позитивний вплив плазми крові сприяв тому, що рівень був нижчим у 1,2 у 2ЕГ, коли у 1ЕГ був нижчим 1,8 раза порівняно з КГ. Важливим елементом антиоксидантного захисту є ЦП, який захищає відновлювальні структури, функціонуючи і знешкоджуючи окисні форми кисню крові, запобігаючи ушкодженню клітинних мембран. Ми виявили такі зміни при вивченні рівня ЦП, де на 7 день показник був у 1,6 раза вищий порівняно з КГ, а на 14-й день спостерігалось зниження показника у 2ЕГ на 14 %, а у 1ЕГ продовжував рости і становив у 1,8 раза вище норми. Отримані дані дослідження СОД засвідчили про більш значну напруженість однієї ланки і послаблення іншої, що веде до порушення узгодженості в роботі антиоксидантних ферментів і рівня антирадикального захисту тварин.

Рівень ендотоксикозу оцінювали за вмістом у крові гідрофільних продуктів молекул середньої маси, які належать до гідрофільних компонентів ендогенної інтоксикації (табл. 2).

З отриманих результатів випливає, що зростає рівень ендотоксикозу. При дослідженні рівня токсичних ліганд середньої молекулярної маси у групі тварин із ранами стверджено, що рівень фракції, яку реєстрували при 254 нм був вищим на 208 % у ЕГ на 7 день дослідження, але на 14-й день був вищим на 221 % та 125 % відповідно у 1ЕГ та 2ЕГ, що свідчить про позитивний вплив ін'єкцій плазми. Аналогічний вплив рідкої частини крові, збагаченої тромбоцитами, був і на наступні показники, так показник МСМ₂₈₀ був у 2,4 раза вищим на 7-й день, а на 14-й день був вищим у 2,7 та 1,8 раза відповідно у першій та другій експериментальній групах. ЕП був вищим у 1,5 раза на 7-й день і у 1,7 та 1,2 рази відповідно у 1ЕГ та 2ЕГ. Таким чином при моделюванні ран в умовах цукрового діабету спостерігали поступове зростання водорозчинних токсичних продуктів, що підтверджується підвищенням рівнів фракції МСМ, але як бачимо ін'єкції плазми чинять позитивний ефект і призводять до зменшення ендогенної інтоксикації. Збільшення ЕП означає підвищення проникності мембран організму, що проявляється їх цитолізом, на позитивний вплив ін'єкцій вказує також менший показник на 14 день порівняно з групою, де не застосовували дану методику.

На позитивний ефект покладеної в основу місцевого впливу на рановий процес у 2ЕГ вказує також динаміка показників клітинного та гуморального імунітету, отримані дані представлені у таблицях 3 і 4.

Таблиця 2. Зміни вмісту молекул середньої маси при різних методах впливу на рановий процес

Показник	Термін дослідження	Групи тварин		
		контрольна група	1 експериментальна група	2 експериментальна група
МСМ ₂₅₄	7 день	0,370±0,008	0,773±0,007*	0,781±0,007*
	14 день		0,820±0,009*	0,464±0,009**
МСМ ₂₈₀	7 день	0,179±0,007	0,429±0,001*	0,431±0,009*
	14 день		0,486±0,002*	0,321±0,009**
ЕП	7 день	30,92±1,21	49,33±1,59*	49,01±1,55*
	14 день		51,70±1,61*	36,18±1,33**

Примітки: * – p<0,05 відносно контрольної групи;

** – p<0,05 відносно першої експериментальної групи.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Таблиця 3. Показники клітинного імунітету в крові щурів дослідних груп

Показник	Термін дослідження	Групи тварин		
		контрольна група	1 експериментальна група	2 експериментальна група
CD3+, %	7 день	42,10±0,41	22,10±0,5*	22,55±0,5*
	14 день		25,61±0,6*	39,96±0,7**
CD4+, %	7 день	24,63±0,74	16,40±0,7*	16,80±0,8*
	14 день		18,17±0,7*	21,60±0,85
CD8+, %	7 день	13,02±0,40	8,91±0,51*	9,01±0,6*
	14 день		9,50±0,60*	12,10±0,65**
CD16+, %	7 день	8,72±0,73	3,42±0,69*	3,39±0,71*
	14 день		4,93±0,75*	6,87±0,80**

Примітки: * – $p < 0,05$ відносно контрольної групи;
 ** – $p < 0,05$ відносно першої експериментальної групи.

Таблиця 4. Показники гуморального імунітету в крові щурів дослідних груп

Показник	Термін дослідження	Групи тварин		
		контрольна група	1 експериментальна група	2 експериментальна група
IgA, г/л	7 день	0,37±0,04	0,31±0,05*	0,30±0,04*
	14 день		0,29±0,05*	0,35±0,04
IgM, г/л	7 день	0,86±0,07	0,95±0,5*	0,94±0,04*
	14 день		0,89±0,05*	1,12±0,05**
IgG, г/л	7 день	2,41±0,12	1,92±0,04*	1,93±0,05*
	14 день		1,85±0,05*	2,29±0,08**

Примітки: * – $p < 0,05$ відносно контрольної групи;
 ** – $p < 0,05$ відносно першої експериментальної групи.

Для характеристики стану клітинного імунітету було проведено дослідження Т-лімфоцитів за їх популяції в крові контрольної групи та у тварин з модельованим рановим процесом. Як видно із таблиці у період гострої фази запалення у тварин із змодельованою раною виявлено зниження вмісту CD3+ та CD4+ відносно контрольної групи в 1,9 та 1,5 рази у експериментальних групах. Проте на 14-й день відмічається покращення показників у групі, в якій проводили ін'єкції плазми, так рівень CD3+ був у 1,5 рази вищий порівняно з 1ЕГ, проте все ще залишався нижчим у 1,1 ніж у КГ. Показник CD4+ у 2ЕГ був у 1,2 рази вищим ніж у 1ЕГ, але нижчим в порівнянні з КГ на 13 %.

Аналогічна тенденція спостерігалась і щодо показників CD8+ та CD16+. Вміст цитотоксичних Т-лімфоцитів CD8+ був нижчим у 1,4 рази у експериментальних групах. На 14-й день у 2ЕГ вміст спостерігався вищим у 1,2 рази порівняно із 1ЕГ, але нижчим ніж у КГ у 1,1 рази. CD16+ був нижчим у експериментальних групах на 60 %. На 14-й день у 2ЕГ був вищим на 39 % від групи, в якій не проводились ін'єкції, і на 22 % нижчим порівняно з контролем.

Реакція гуморального адаптивного імунітету опосередковано імуноглобулінами (IgA, IgM, IgG) має не завжди стандартний і строго визначений характер. Як відомо, концентрація у сироватці крові

відображає усталену рівновагу між їх синтезом і розпадом. Наші дослідження показали наявність вираженої дисімуноглобулінемії у тварин обох експериментальних груп. Залежно від дії факторів на перебіг запального процесу вміст імуноглобулінів змінювався різноспрямовано.

Так, вміст імуноглобуліну IgA в сироватці крові щурів експериментальних груп був на 19 % нижчим, але на 14-й день кращі показники спостерігались у 2ЕГ, де рівень був вищим на 20 % порівняно з 1ЕГ і наближався до рівня КГ і був лише на 6 % нижчим. Рівень IgM був вищим у експериментальних групах у 1,1 раза. Проте на 14-й день тенденція до підвищення рівня спостерігалась у 2ЕГ порівняно з 1ЕГ та КГ у 1,3 та 1,2 раза відповідно. Аналогічні показникам IgA спостерігались зміни при визначенні рівня IgG, так він знижувався у експериментальних групах у 1,3 раза. На 14-ту добу кращий показник спостерігався у 2ЕГ і становив на 23 % вище, ніж у 1ЕГ і на 5 % нижчим, ніж показник контролю.

У нашому дослідженні, як бачимо, спостерігається зниження рівнів імуноглобулінів, що може бути зумовлене порушенням синтезу або їх прискореним розпадом. На нашу думку, це транзиторна агаммаглобулінемія, тимчасовий дефіцит циркулюючих антитіл, що пов'язано із цукровим

діабетом і наявністю ранового процесу і поступово приходять до норми при компенсації діабету і загоєння ран.

Висновки. Аналіз динаміки змін продуктів пероксидного окиснення у щурів за умов ранового дефекту при цукровому діабеті, отриманих у результаті експериментального дослідження, є відображенням ступеня окиснювального ураження клітин та резервноадаптаційних можливостей організму. Дослідження ендогенної інтоксикації за вмістом молекул середньої маси показало, що даний процес супроводжується поступовим зростанням показників ендогенної інтоксикації – молекул середньої маси, еритроцитарного індексу інтоксикації, а також порушенням з боку клітинної ланки імунітету у вигляді Т-лімфоцитопенії. Поряд з цим відбуваються порушення і з боку гуморальної ланки імунітету, які проявляються зростанням функціональної активності В-лімфоцитів із підвищенням вмісту основних сироваткових імуноглобулінів, що пов'язано з посиленням інтенсивності їх утворення або порушення механізмів елімінації. На 14-ту добу спостерігається позитивна динаміка вище згаданих показників при використанні ультразвукового дебридменту й ін'єкцій плазми, збагаченої тромбоцитами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРА

1. Дзюбановський І. Я. Порівняльна оцінка різних методів закриття ранових дефектів у пацієнтів із синдромом стопи діабетика / І. Я. Дзюбановський, Р. М. Антошук, А. М. Продан // Шпитальна хірургія. Журнал імені Л. Я. Ковальчука, – 2019. – № 3. – С. 57-61.
2. Analysis of patients' rehabilitation results after surgical treatment of diabetes complications / M. Kritsak, I. Stechyshyn, B. Pavliuk, S. Konovalenko // *Polski Merkuriusz Lekarski*. – 2021. – ТОМ XLIX (292). – P. 269–272.
3. Дзюбановський І.Я., Вервега Б.М., Підручна С.Р., Мельник Н.А., Гудима А.А. Динаміка показників окиснювальної модифікації білків за умов експериментального перитоніту на тлі цукрового діабету // Медична та клінічна хімія. – 2019. – № 2. – С. 49–54.
4. Kritsak M. Biotechnological methods of local treatment of in-

1. fected wounds in diabetes mellitus in an experiment / Kritsak Myroslav, Konovalenko Sergii, Stechyshyn Iryna, Pavliuk Bohdana // *Pharmacologyonline*. – 2021. – Vol 2. – P. 97–104.
5. Berlett B. S. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress / B. S. Berlett, E. R. Stadtman // *The Journal of Biological Chemistry*. – 2017. – 272, No. 33. – P. 20313–20316.
6. Yarets Y. Clinical experiences with ultrasonic-assisted wound debridement (UAW) used for wound bed preparation before skin grafting. Abstract for oral presentation at free paper session: Infection and Antimicrobials, EWMA conference, May 13-15, 2015; London, UK
7. Efficacy, tolerability and patient benefit of ultrasound-assisted wound treatment versus surgical deReferencebridement: a randomized clinical study / K. Herberger, N. Franzke, C. Blome [et al.] // *Dermatology*. – 2011. – Vol. 222 (3). – P. 244–249.

REFERENCE

1. Dzyubanovsky, I.Ya., Antoshchuk, R.M. & Prodan, A.M. (2019). Porivnialna otsinka riznykh metodiv zakryttia ranovykh defektiv u patsientiv iz syndromom stopy diabetyka [Comparative assessment of different methods of wound defects closure in patients with diabetic foot syndrome]. *Shpytalna khirurhiia. Zhurnal imeni L. Ya. Kovalchuka – Hospital Surgery. Kovalchuk Journal*, 3. 57-61 [in Ukrainian].
2. Kritsak, M., Stechyshyn, I., Pavliuk, B. & Konovalenko, S.

- (2021). Analysis of patients' rehabilitation results after surgical treatment of diabetes complications. *Polski Merkuriusz Lekarski*, XLIX (292), 269-272.
3. Dziubanovskyi, I. Ya., Verveha, B.M., Pidruchna, S.R., Melnyk, N.A., & Hudyma, A.A. (2019). Dynamika pokaznykiv oksyniuvalnoi modyfikatsii bilkiv za umov eksperymentalnoho perytonitu na tli tsukrovoho diabetu [Dynamics of indicators of oxidative modification of proteins under the experimental peri-

tonitis against diabetes mellitus]. *Medychna i klinichna khimiia – Medical and Clinical Chemistry*, 2, 49-54 [in Ukrainian].

4. Kritsak, M., Serhii, K., Stechyshyn, I., & Pavliuk, B. (2021). Biotechnological methods of local treatment of infected wounds in diabetes mellitus in an experiment. *Pharmacologyonline*, 2, 97-104.

5. Berlett, B.S., & Stadtman, E.R. (1997). Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. *Journal of Biological Chemistry*, 272 (33), 20313-20316.

6. Yarets, Y. (2015). *Clinical experiences with ultrasonic-assisted wound debridement (UAW) used for wound bed preparation before skin grafting*. Abstract for oral presentation at free paper session: Infection and Antimicrobials, EWMA conference, May 13-15, London, UK

7. Herberger, K., Franzke, N., Blome, C., Kirsten, N., & Augustin, M. (2011). Efficacy, tolerability and patient benefit of ultrasound-assisted wound treatment versus surgical debridement: a randomized clinical study. *Dermatology*, 222 (3), 244-249.

Отримано 08.02.2023

Електронна адреса для листування: kricakmy@tdmu.edu.ua

M. YU. KRITSAK, YU. M. FUTUJMA, M. ALJEHANI NAIF ABDOLELAH, M. O. ONISKIV

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University

THE EFFECT OF ULTRASONIC-ASSISTED WOUND DEBRIDEMENT IN COMBINATION WITH PLATELET-ENRICHED PLASMA INJECTIONS ON THE WOUND PROCESS IN THE EXPERIMENT

The aim of the work: to investigate the main indicators of lipoperoxidation processes, oxidative metabolism of proteins, the state of antioxidant protection, cellular and humoral immunity in rats with various types of exposure to the wound process.

Materials and Methods. The experiment was conducted on 45 white sexually mature rats of both sexes with an initial weight of (220±12) g, which were modeled with type 1 diabetes. All animals were divided into three groups, 15 animals in each group. The control group included 15 animals that were not simulated with a wound on the hind limb. The 1st experimental and 2nd experimental groups included 15 individuals each, who underwent simulation of a wound on the hind limb in combination with venous hypertension.

The impact on the wound process in two experimental groups was carried out by the method of ultrasonic debridement, using the Woodpecker piezo bone surgery device. In the second experimental group, the wound process was additionally influenced by the method of Platelet-rich plasma injections (injections of plasma enriched with platelets).

Results and Discussion. The obtained data indicate that faster wound healing occurs due to the method of influencing the wound process of ultrasonic debridement in combination with injections of platelet-rich plasma. There was an increase in the indicators of peroxide oxidation, a decrease in the rate of their inactivation by the components of the antioxidant system. The study of endogenous intoxication showed that this process is accompanied by an increase in indicators of endogenous intoxication – medium mass molecules, the erythrocyte index of intoxication, as well as a violation of the cellular and humoral link of immunity in the form of T-lymphocytopenia and an increase in the functional activity of B-lymphocytes with an increase in the content of the main serum immunoglobulins, which is associated with an increase in the intensity of their formation or a violation of the elimination mechanisms. When applying the technique used in the second experimental group, an improvement in indicators was established on the 14th day in comparison with the first experimental group, which indicates a positive effect of the combination of ultrasonic debridement with plasma injections.

Key words. wound model; ultrasonic debridement; platelet-rich plasma; cellular and humoral immunity; peroxide oxidation.