DOI https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2026.i2.16141
УДК 616-001.3-031.81-06:616-089.844

С. М. Кучабський, ORCID: 0009-0004-4011-1132

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. Я. ГОРБАЧЕВСЬКОГО МОЗ УКРАЇНИ

СИСТЕМНІ ПРОЯВИ ПОЛІТРАВМИ НА ТЛІ ПЛАСТИКИ М'ЯКИХ ТКАНИН, ВИКОНАНОЇ В РІЗНІ ТЕРМІНИ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО ПЕРІОДУ

Вступ. *В умовах сучасної війни найчастіше зустрічаються поєднані травми, у структурі яких перше місце посідають пошкодження кінцівок з дефектами м'яких тканин. Незважаючи на впровадження сучасних технологій лікування, функціональні результати лікування поранених з рановими дефектами м'яких залишаються незадовільними у майже половини з них. Існує думка, що одним із чинників вибору оптимального методу реконструкції є загальний стан пораненого, зумовлений системними порушеннями, пов'язаний з основною травмою.*

Мета дослідження *– з'ясувати особливості системних проявів політравми на тлі пластики м'яких тканин, виконаної в різні терміни посттравматичного періоду.*

Методи дослідження. *Експерименти проведено на статевозрілих білих щурах-самцях лінії Вістар. У першій серії експериментів в умовах тіопентало-натрієвого наркозу у щурів моделювали краніоскелетну травму (КСТ) та пластику м'яких тканин (ПМТ), яких виводили з експерименту через 14 діб. контролем були інтактні щури. У другій серії експериментів в окремих групах щурів на тлі КСТ виконували ПМТ через 1, 3, 7 та 14 діб посттравматичного періоду. Контролем для них стали щурів з КСТ. Щурів виводили з експерименту в термін, що відповідав 14 добі після моделювання ПМТ. Інтенсивність системних порушень оцінювали на основі визначення в екстракті гомогенату печінки, нирок та шкіри малонового діальдегіду (МДА).*

Результати й обговорення. *Встановлено, що моделювання ПМТ через 14 діб посттравматичного періоду порівняно з контролем викликало збільшення вмісту МДА у печінці, нирках та шкірі. У щурів, яким моделювали лише КСТ вміст МДА у досліджуваних органах досягав свого максимуму через 14 діб посттравматичного періоду й поступово знижувався до 28 доби не досягаючи рівня контролю. У щурів з ПМТ, виконаною через 1 добу після КСТ, вміст МДА у печінці, нирках та шкірі порівняно із групою, в якій моделювали лише КСТ ставав більшим. Після ПМТ, виконаної через 3 і 7 діб після КСТ, ступінь зростання МДА в печінці, нирках і шкірі поступово знижувався і ставав найменшим після 7-добової пластики. Однак виконання пластики через 14 діб після КСТ супроводжувалося повторним зростанням вмісту МДА в досліджуваних органах.*

Висновок. *Нанесення ПМТ через 7 діб посттравматичного періоду супроводжується меншими сумарними системними порушеннями в організмі, що може стати новим напрямком у хірургічному відновлення дефектів м'яких тканин на тлі політравми.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: **черепно-мозкова травма; скелетна травма; пластика м'яких тканин; печінка; нирки; шкіра; ліпідна пероксидація.**

ВСТУП. В умовах сучасної війни у структурі бойової хірургічної травми найчастіше зустрічаються мінно-вибухові та артилерійські ураження, що викликають уламкові пошкодження (до 80-85 %), переважно кінцівок (56,7–62,6 %). За цих умов ізольовану травму виявляють у 16,8 % поранених, множинну – у 34,3 %, поєднану – у 48,9 % [1]. За умов травми мирного часу за даними МОЗ України щорічна смертність від травм становить 31–44 тис. осіб. При цьому тяжкі множинні та поєднані ураження зустрічаються у близько 20 % від усіх травмованих осіб [2, 3].

У структурі пошкоджень кінцівок дефекти м'яких тканин посідають перше місце і виникають у 64,9-68,2 % поранених [4]. Серед них у 36,4-37,5 % відмічають малі й середні дефекти, а у 28,5-30,7 % – великі та надвеликі.

Незважаючи на впровадження сучасних технологій лікування та значний досвід надання медичної допомоги пораненим та травмованим із рановими дефектами м'яких його функціональні результати залишаються незадовільними у 48,9 % [5]. Окремі автори констатують, що вибір оптимального методу реконструкції залежить не тільки від уміння персоніфіковано оцінити характер тканинного дефекту, але й від сукупності

© С. М. Кучабський, 2026

системних порушень, викликаних основною травмою, та індивідуальних особливостей поранених (віку, супутньої патології та ін.) [6, 7]. З одного боку необхідно якнайшвидше закрити тканинний дефект для зниження ризику ускладнень та досягнення функціонального й естетичного ефекту [8], з іншого потрібно врахувати площу та об'єм дефекту, місцевий стан навколишніх тканин та загальний стан пораненого [9]. За цих умов недостатньо вивченим залишається вплив оперативного втручання на м'яких тканинах на перебіг травматичної хвороби, зумовленої полісистемним ураженням. Немає даних про ефективність реконструктивних оперативних втручань на м'яких тканинах, виконаних у різні періоди після отримання основної травми.

Мета дослідження – з'ясувати особливості системних проявів політравми на тлі пластики м'яких тканин, виконаної в різні терміни посттравматичного періоду.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. В експериментах використали 199 статевозрілих білих щурів-самців лінії Вістар масою 200-220 г. Проведено 2 серії експериментів. У першій серії щурів поділили на три групи: контрольну та дві дослідних (по 7 щурів у групі). Нанесення усіх травм здійснювали під тіопентало-натрієвим наркозом (40 мг·кг$^{-1}$). У дослідній групі 1 моделювали краніоскелетну травму (КСТ) шляхом нанесення дозованого удару по черепу з енергією 0,375 Дж, яка викликала закриту черепно-мозкову травму середнього ступеня тяжкості [10]. Далі здійснювали дозований удар по лівому стегну з енергією 0,637 Дж, який викликав закритий перелом стегнової кістки [11]. У дослідній групі 2 моделювали пластику м'яких тканини (ПМТ) шляхом викроювання клаптя шкіри на ніжці на спині щура розміром 4 на 8 см [12]. Контрольну групу склали інтактні щури, яких тільки вводили у наркоз. Щурів виводили з експерименту під наркозом через 14 діб посттравматичного періоду методом тотального кровопускання з серця. Для дослідження брали шматочки печінки, нирки та шкіри із зовнішнього каудального краю рани, які охолоджували, відмивали від крові та гомогенізували в гомогенізаторі Silent Crasher 75000 (Німеччина). У 10 % екстракті гомогенату досліджуваних структур з використанням спектрофотометра LabAnalyt SP-V1000 (Granum, Китай) визначали вміст реагентів до тіобарбітурової кислоти (ТБК-активних продуктів) [13], які належать до стабільних маркерів процесів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) і є наслідком системних порушень, викликаних травматичною хворобою [14].

У другій серії експериментів щурам з КСТ через 1, 3, 7 та 14 діб посттравматичного періоду виконували ПМТ (відповідно дослідні групи 3, 4, 5 та 6). Щурів виводили з експерименту аналогічним способом через 14 діб після проведення пластики шкіри, що відповідало 15, 17, 21 та 28 добам з моменту моделювання КСТ. Ці дослідні групи порівнювалися зі щурами, яким моделювали лише КСТ і виводили з експерименту в ці ж терміни посттравматичного періоду. У піддослідних щурів цієї серії експериментів у тканинах печінки, нирок та шкіри визначали вміст ТБК-активних продуктів ПОЛ, як зазначено вище. Контролем слугували щурі з КСТ, виведені через 14 діб посттравматичного періоду.

Усі експерименти виконано з дотриманням «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001) та узгоджених із положенням «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986).

Для статистичної обробки одержаних результатів застосовували програмний пакет STATISTICA 10.0 («StatSoft Inc.», США), серійний номер диска BXXR303F737429FA-8. З Визначали медіану (Me), нижній і верхній квартилі (LQ, UQ), які представлені в таблицях. Додатково у другій серії експериментів визначали ступінь відхилення показника у піддослідних щурів як середнє відношення індивідуальних величин показника щурів з КСТ і ПМТ до середньої величини щурів, яким моделювали лише КСТ. Вірогідність відмінностей оцінювали за непараметричним критерієм Манна-Уітні.

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ. Нами встановлено, що у контрольній групі першої серії експериментів (табл. 1) вміст МДА значно переважав у шкірі порівняно з печінкою та нирками – відповідно у 9,30 раза (p_{1-3}<0,05) та у 8,00 раза (p_{2-3}<0,05). Водночас у нирці показник виявився на 16,2 % більшим, ніж у печінці (p_{1-2}<0,05).

На тлі моделювання ПМТ (дослідна група 1) вміст МДА в досліджуваних тканинах порівняно з контролем статистично вірогідно зростав: у печінці – на 79,7 % (p<0,05),

Таблиця 1 – Порівняльний вплив операції на м'яких тканинах та КСТ на інтенсивність системних порушень у печінці, нирках та шкірі піддослідних щурів ((Me (LQ;UQ)) – медіана (нижній і верхній квартилі)

Показник	Контрольна група (n=7)	Дослідна група 1 КСТ (n=7)	Дослідна група 2 ПМТ (n=7)
МДАп, мкмоль·кг$^{-1}$	0,74 0,68; 0,78	2,60* 2,58; 2,73	1,33^{*1} 1,29; 1,47
МДАн, мкмоль·кг$^{-1}$	0,86 0,81; 0,90	3,05* 2,93; 3,12	1,78^{*1} 1,63; 1,85
МДАш, мкмоль·кг$^{-1}$	6,88 6,73; 7,16	7,22 6,89; 7,74	7,52* 7,34; 8,28
p_{1-2}	<0,05	<0,05	<0,05
p_{1-3}	<0,05	<0,05	<0,05
p_{2-3}	<0,05	<0,05	<0,05

Примітки:

1. * – відмінності стосовно контрольної групи статистично вірогідні ($p<0,05$);

2. ^{1,2} – відмінності стосовно дослідних груп 1 і 2 статистично вірогідні ($p<0,05$);

3. p_{1-2} – вірогідність відмінностей величини МДА у печінці та нирках;

4. p_{1-3} – вірогідність відмінностей величини МДА у печінці та шкірі;

5. p_{2-3} – вірогідність відмінностей величини МДА у нирках та шкірі.

у нирках – у 2,07 раза (p<0,05), у шкірі – на 9,3 % (p<0,05). Ще більші порушення у печінці та нирках виникали після нанесення КСТ. Порівняно з контролем у печінці показник збільшувався у 3,51 (p<0,05), у нирках – у 3,54 раза (p<0,05). У шкірі показник теж підвищувався, проте результат виявився статистично не значущим (p>0,05).

Порівняння дослідних груп показало, що на тлі КСТ у печінці та нирках вміст ТБК-активних продуктів ПОЛ виявився суттєво більшим, ніж після ПМТ: відповідно на 95,5 та 71,3 % (p<0,05). Проте у шкірі на тлі КСТ показник був меншим, ніж після ПМТ, проте відмінності виявилися статистично не значущими (p>0,05).

Порівняння вмісту МДА у досліджуваних тканинах на тлі ПМТ та КСТ показало, що показник залишався найбільшим у шкірі, далі у нирках і печінці (p_{1-2}<0,05, p_{1-3}<0,05, p_{2-3}<0,05).

Моделювання КСТ через 15 діб експерименту порівняно з контролем не викликало істотних змін вмісту МДА в печінці (p>0,05). Починаючи з 17 доби, показник починав знижуватися. В цей термін порівняно з контролем показник ставав меншим на 11,5 % (p<0,05), через 21 добу – на 37,7 % (p<0,05), через 28 діб – у 2,48 раза (p<0,05).

Додаткова ПМТ, виконана через 1 добу після моделювання КСТ (дослідна група 3) порівняно з контролем супроводжувалася статистично вірогідним збільшенням вмісту МДА у печінці (на 61,5 %, p<0,05). Після ПМТ, проведеної через 3 доби посттравматичного періоду (дослідна група 4) порівняно з контролем відмічали менше зростання вмісту МДА у печінці – на 40,4 % (p<0,05), що виявилося статистично вірогідно меншим, порівняно з результатом дослідної групи 3 (на 13,1 %, p<0,05). На тлі ПМТ, проведеної через 7 діб посттравматичного періоду (дослідна група 5), вміст МДА в печінці ставав суттєво меншим, порівняно з результатом дослідних груп 3 і 4 (відповідно на 48,8 та 41,1 %, p<0,05) та на 17,3 % меншим, ніж у контролі (p<0,05). Разом з тим, після ПМТ, виконаної через 14 діб посттравматичного періоду (дослідна група 6) показник порівняно з результатом дослідної групи 4 зростав – на 25,1 % (p<0,05) та досягав рівня контрольної групи (p>0,05). В цей термін показник залишався статистично вірогідно меншим, порівняно з результатом дослідних груп 3 і 4 (відповідно на 36,0 та 26,3 %, p<0,05).

Порівнюючи отримані результати дослідних груп, в яких виконували КСТ і ПМТ, із групами, в яких моделювали лише КСТ, встановлено, що у дослідній групі 3 вміст МДА у печінці був більший на 64,7 % (p<0,05), у дослідній групі 4 – на 58,7 % (p<0,05), у дослідній групі 5 – на 32,7 % (p<0,05). Звертає на себе увагу той факт, що у дослідній групі 6 показник зростав і ставав у 2,56 раза більшим, ніж у групі порівняння (p<0,05).

У нирках на тлі моделювання КСТ вміст МДА порівняно з контролем через 15 діб експерименту ставав на 7,2 % меншим, проте результат виявився статистично не вірогідним (p>0,05). Через 17 діб показник стосовно

контролю зменшився на 16,7 %, що було статистично значущим (p<0,05). В цей термін відмінності показника порівняно з результатом 15 доби були не суттєвими (p>0,05). Через 21 добу посттравматичного періоду показник продовжував знижуватися і ставав суттєво меншим як порівняно з контролем (на 42,0 %, p<0,05), так і порівняно з результатом 15 і 1 7 діб (відповідно на 37,4 та 30,3 %, p<0,05). Через 28 діб вміст МДА у нирці досягав свого мінімального рівня й був істотно меншим від контролю та результату усіх попередніх термінів спостереження (відповідно на 58,4, 55,1, 50,0 та 28,2 %. p<0,05).

На тлі додаткової ПМТ, виконаної через 1 добу після моделювання КСТ (дослідна група 3), вміст МДА у нирці порівняно з контролем зростав (на 29,5 %, p<0,05). Після ПМТ, проведеної через 3 доби посттравматичного періоду (дослідна група 4), показник ставав меншим (на 23,3 % порівняно з дослідною групою 3, p<0,05) і досягав рівня контролю (p>0,05). На тлі ПМТ, проведеної через 7 діб посттравматичного періоду (дослідна група 5), вміст МДА в нирці ставав на 32,1 % меншим, ніж у контролі (p<0,05), що також виявилося істотно меншим, порівняно з результатом дослідних груп 3 і 4 (відповідно на 47,6 та 31,6 %, p<0,05). Проте після ПМТ, виконаної через 14 діб посттравматичного періоду (дослідна група 6) показник порівняно з результатом дослідної групи 4 зростав – на 16,9 % (p<0,05), проте залишався суттєво меншим, порівняно з результатом контрольної групи та дослідних груп 3 і 4 (відповідно на 20,6, 38,7 та 20,1 %, p<0,05).

Порівнюючи отримані результати дослідних груп, в яких виконували КСТ і ПМТ, із групами, в яких моделювали лише КСТ, було встановлено, що у дослідній групі 3 вміст МДА у нирці був більший на 39,6 % (p<0,05), у дослідній групі 4 – на 19,3 % (p<0,05), у дослідній групі 5 – на 16,9 % (p<0,05), у дослідній групі 6 – на 90,6 % (p<0,05).

У шкірі через 15 діб після нанесення КСТ вміст МДА суттєво не відрізнявся від контролю (p>0,05). Починаючи з 17 доби посттравматичного періоду показник знижувався, що було статистично вірогідним порівняно з контролем (p<0,05). Через 28 діб показник досягав мінімальної величини і ставав також суттєво меншим порівняно з результатом дослідної групи 3 (p<0,05).

Додаткова ПМТ, які провели через 1 добу після моделювання КСТ (дослідна група 3), порівняно з контролем викликала статистично вірогідне зростання вмісту у шкірі МДА (на 9,3 %, p<0,05). На такому ж рівні показник залишався і після ПМТ, проведеної через 3 доби посттравматичного періоду (дослідна група 4). На тлі ПМТ, проведеної через 7 діб посттравматичного періоду (дослідна група 5), вміст МДА шкірі досягав контролю (p>0,05), проте після ПМТ, виконаної через 14 діб посттравматичного періоду (дослідна група 6) показник повторно зростав, проте залишався статистично вірогідно меншим порівняно з результатом дослідних груп 3 і 4 (p<0,05).

Порівняння отриманих результатів у дослідних групах, в яких моделювали КСТ і ПМТ, із групами, в яких наносили лише КСТ, було встановлено, що у дослідних групах 3, 4 та 6 вміст МДА у шкірі був суттєво більшим (на 10,5, 10,3 та 9,2 %, p<0,05). У дослідній групі 5 відмінності виявилися статистично не вірогідними (p>0,05).

Аналіз середнього відношення індивідуальних величин МДА досліджуваних органів щурів з КСТ і ПМТ до середньої величини щурів, яким моделювали лише КСТ показав (табл. 3), що у печінці показник у дослідних групах 3 і 4 суттєво не відрізнявся (p>0,05). Проте у дослідній групі 5 показник знизився і був суттєво меншим порівняно з дослідними групами 3 і 4 (відповідно на 20,0 та 17,0 %, p<0,05). У подальшому показник зростав і ставав суттєво більшим, порівняно з іншими дослідними групами (відповідно на 55,2, 61,0 та 93,3 %, p<0,05). У нирках у дослідній групі 4 відмічали статистично значуще зниження величини показника порівняно з дослідною групою 3 (на 15,0 %. p<0,05). На такому ж рівні показник залишався й у дослідній групі 5 (p>0,05). У дослідній групі 6 показник зростав й істотно перевищив результат дослідних груп 3, 4 та 5 (відповідно на 36,4, 60,5 та 63,2 %, p<0,05). У шкірі у дослідних групах 3 і 4 показник суттєво не відрізнявся (p>0,05).У дослідній групі 5 показник знижувався, що виявилося статистично значущим порівняно з дослідними групами 3 і 4 (p<0,05). У дослідній групі 6 показник, навпаки, зростав, що виявилося суттєво більшим порівняно з дослідною групою 5 (p<0,05).

Порівняння середнього відношення індивідуальних величин вмісту МДА в печінці, нирках і шкірі щурів з КСТ і ПМТ до середньої величини щурів, яким моделювали лише КСТ, виявило, що у дослідній групі 3, 4 та 6 показник виявився суттєво більшим у печінці (p_{1-2}<0,05; p_{1-3}<0,05) і найменшим – у шкірі (p_{2-3}<0,05). У дослідній групі 5 показник теж

Таблиця 2 –Вміст МДА у печінці, нирках та шкірі на тлі ПМТ, виконаної у різні терміни після моделювання КСТ ((Me (LQ;UQ)) – медіана (нижній і верхній квартилі)

Модель	Контрольна група	Дослідна група			
		3	4	5	6
Печінка, мкмоль·кг$^{-1}$					
КСТ	2,60 2,58; 2,73 (n=7)	2,55 2,45; 2,65 (n=10)	2,30* 2,17; 2,44 (n=10)	1,62^{*3,4} 1,50; 1,87 (n=10)	1,05^{*3,4,5} 0,86; 1,17 (n=10)
КСТ+ПМТ		4,20* 4,16; 4,44 (n=10)	3,65^{*3} 3,43; 3,79 (n=10)	2,15* 1,95; 2,25 (n=8)	2,69^{3,4,5} 2,62; 2,71 (n=8)
p		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Нирки, мкмоль·кг$^{-1}$					
КСТ	3,05 2,93; 3,12 (n=7)	2,83 2,58; 3,03 (n=10)	2,54* 2,27; 2,83 (n=10)	1,77^{*3,4} 1,67; 1,91 (n=10)	1,27^{*3,4,5} 1,20; 1,53 (n=10)
КСТ+ПМТ		3,95* 3,87; 4,09 (n=10)	3,03^{3} 2,97; 3,24 (n=10)	2,07^{*3,4} 1,98; 2,18 (n=8)	2,42^{*3,4,5} 2,26; 2,56 (n=8)
p		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Шкіра, мкмоль·кг$^{-1}$					
КСТ	7,22 7,15; 7,40 (n=7)	7,14 6,95; 7,30 (n=10)	6,92* 6,57; 6,98 (n=10)	6,75* 6,53; 6,94 (n=10)	6,59^{*3} 6,64; 6,89 (n=10)
КСТ+ПМТ		7,89* 7,57; 7,96 (n=10)	7,63* 7,48; 7,82 (n=10)	6,81 6,76; 7,57 (n=8)	7,20^{3,4} 7,05; 7,29 (n=8)
p		<0,05	<0,05	>0,05	<0,05

Примітки:

1. * – відмінності стосовно групи з КСТ статистично вірогідні (p<0,05).

2. ^{3,4,5} – відмінності стосовно дослідних груп відповідно 3, 4 та 5 статистично вірогідні (p<0,05).

Таблиця 3. – Середнє відношення індивідуальних величин МДА печінки, нирок і шкіри щурів з КСТ і ПМТ до середньої величини щурів, яким моделювали лише КСТ ((Me (LQ;UQ)) – медіана (нижній і верхній квартилі)

Показник	Дослідна група 3	Дослідна група 4	Дослідна група 5	Дослідна група 6
Печінка	1,65 1,63; 1,74	1,59 1,49; 1,65	1,32^{3,4} 1,20; 1,39	2,56^{3,4,5} 2,50; 2,58
Нирки	1,40 1,37; 1,45	1,19^{3} 1,17; 1,27	1,17^{3} 1,12; 1,23	1,91^{3,4,5} 1,73; 2,02
Шкіра	1,10 1,06; 1,11	1,10 1,08; 1,13	1,01^{3,4} 0,97; 1,04	1,09^{5} 1,07; 1,11
p_{1-2}	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05
p_{1-3}	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
p_{2-3}	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Примітки:

1. ^{3,4,5} – відмінності стосовно дослідних груп 3, 4 та 5 статистично вірогідні (p<0,05);

2. p_{1-2} – відмінності показника у печінці і нирках;

3. p_{1-3} – відмінності показника у печінці і шкірі;

4. p_{2-3} – відмінності показника у нирках і шкірі.

був найменшим у шкірі (p_{1-3}<0,05, p_{2-3}<0,05), проте його величина у печінці та нирках була практично однаковою (p_{1-2}<0,05).

Дослідження показали, що моделювання КСТ через 14 діб посттравматичного періоду порівняно з контролем супроводжується суттєвим збільшенням вмісту МДА у печінці та нирках. Отримані результати підтверджують існуюче положення про вагому роль посилення процесів ліпідної пероксидації в патогенезі травматичної хвороби, зумовленої КСТ. Цьому сприяє сукупність вторинних порушень в організмі, пов'язаних із реакцією симпатико-адреналової системи, значним

утворенням асоційованих з пошкодженням молекулярних паттернів в зоні ураження, які активізують імунну систему з посиленим синтезом про- і протизапальних цитокінів та активних форм оксигену. Потрапляючи в системний кровотік із зон безпосереднього ураження, ці чинники здатні викликати порушення мікроциркуляторного русла, гіпоксію та набряк у внутрішніх органах, активізувати вільнордикальні процеси з деструкцією клітинних мембран, порушенням метаболізму та розвитком явищ цитолізу та ендогенної інтоксикії. Всі ці процеси тривалі в часі і лежать в основі формування поліорганної дисфункції та недостатності, яка може стати основною причиною смерті у віддаленому посттравматичному періоді [14]. Накопичення МДА в печінці та нирках за цих умов є наслідком пероксидації ліпідів клітинних мембран та недостатності систем антиоксидантного захисту і свідчить про розвиток оксидативного стресу на системному рівні. Подібні результати за умов черепно-мозкової та скелетної травми відмічали й інші автори [15, 16].

Звертає на себе увагу той факт, що у шкірі накопичення МДА через 14 діб після моделювання КСТ є найменшим порівняно з іншими досліджуваними органами і статистично незначущим стосовно контрольної групи. Отже, у шкірі на тлі КСТ виникають мінімальні передумови для посилення процесів ліпідної пероксидації, що, очевидно, пов'язано зі специфікою гістологічної будови та метаболічних процесів у шкірі, пристосованих до суттєвих змін кровопостачання у стресових ситуаціях, особливо при перерозподілі крові до життєвоважливих органів.

На тлі ПМТ ми теж спостерігали накопичення МДА у досліджуваних тканинах, причому у шкірі результат порівняно з контролем виявився статистично значущим. Незважаючи на те, що виявлені порушення, зокрема у печінці та нирках були істотно меншими, ніж за умов самої КСТ, ПМТ теж здатна викликати системні порушення в організмі, причому сприяти розвитку оксидативного стресу й у шкірі.

На сьогодні немає однозначного вирішення питання щодо термінів проведення ПМТ у поранених та постраждалих у посттравматичному періоді. За цих умов ураження м'яких тканин часто асоціюються із травмами інших локалізацій, які визначають сукупність системних порушень і яким віддають пріоритет у хірургії контролю пошкоджень [17]. Однак, при пошкодженні м'яких тканин прагнуть якнайшвидше закрити цей дефект як для відновлення анатомічної цілісності та профілактики ускладнень, так і для досягнення косметичного ефекту. У зв'язку з цим виникає питання як ПМТ, виконана в різні терміни після тяжкої травми, впливає на сукупність системних порушень в організмі? Чи може ПМТ, виконана в певні терміни, стати додатковим несприятливим чинником як для перебігу травматичної хвороби, так і для приживлення трансплантата. З цією метою ми моделювали ПМТ у різні терміни після нанесення КСТ: через 1, 3, 7 та 14 діб посттравматичного періоду. Щурів з КСТ і ПМТ виводили з експерименту й оцінювали вміст МДА відповідно через 15, 17, 21 та 28 діб після моделювання КСТ. Контролем у цій серії експериментів стали щури з КСТ, виведені з експерименту на 14, 15, 17, 21 та 28 доби посттравматичного періоду.

Дослідження виявили дві основні закономірності. Перша: у щурів з КСТ вміст МДА у печінці, нирках та шкірі досягає свого максимуму через 14 діб посттравматичного періоду й поступово знижується до 28 доби, не досягаючи рівня інтактних щурів. Ця закономірність відповідає результатам інших авторів, в яких досліджували поєднану черепно-мозкову та скелетну травму [10, 15]. Відповідно до отриманих даних 14 доба посттравматичного періоду є апогеєм системних порушень в організмі з наступним посиленням механізмів саногенезу, які призводять до відновлення організму.

Друга закономірність полягає в тому, що у щурів з ПМТ, виконаною через 1 добу після КСТ, вміст МДА у досліджуваних органах стає більшим, ніж у щурів, яким моделювали лише КСТ. Отриманий результат, очевидно, пов'язаний з нашаруванням патогенних механізмів як КСТ, так і ПМТ. Після ПМТ, виконаної через 3 і 7 діб після КСТ інтенсивність зростання МДА в печінці, нирках і шкірі поступово знижується і є найменшим після 7-добової пластики. В цей термін меншим також і стає ступінь зростання величини досліджуваного показника стосовно щурів з самою КСТ. Однак виконання пластики через 14 діб після КСТ супроводжується повторним зростанням вмісту МДА в досліджуваних органах. Можна припустити, що виконання пластики в момент найбільших системних порушень, зумовлених основною травмою, сприяє їх поглибленню і, ймовірно, стає несприятливим чинником для перебігу травматичної хвороби, а отже, й приживлення трансплантата.

Враховуючи той факт, що травматична хвороба це сукупність захисних, адаптаційних та патологічних процесів, які виникають від моменту травми до одужання або загибелі і протікають хвилеподібно [18, 19], можна припустити, що в перебігу КСТ існують як періоди тимчасового покращення, які характеризують мобілізацію захисних генетично обумовлених систем організму завдяки механізмам саногенезу, так і періоди погіршення, під час яких домінують патогенні механізми. Можна припустити, що нанесення додаткової травми в період активізації саногенетичних механізмів може супроводжуватися меншими порушеннями, що ми й відмічали при виконанні ПМТ через 7 діб після моделювання КСТ. В роботах окремих авторів, які аналізували сукупність системних змін в організмі на тлі КСТ, показано, що зростання інтенсивності порушень відбувається хвилеподібно й 7 доба посттравматичного періоду якраз відповідає періоду тимчасового спаду активності патологічного процесу [20].

Отримані результати вказують на суттєвий внесок ПМТ як хірургічної травми у сукупність системних проявів травматичної хвороби і націлюють на поглиблене вивчення стану трансплантата та оточуючих його тканин при виконанні ПМТ у різні терміни після отримання основної травми. Разом з тим, доведено, що нанесення ПМТ у певний період посттравматичного періоду супроводжується меншими сумарними системними порушеннями в організмі, що може стати новим напрямком у хірургічному відновленні дефектів м'яких тканин на тлі політравми, що вимагає свого подальшого поглибленого дослідження.

ВИСНОВКИ. 1. Моделювання ПМТ супроводжується посиленням системних порушень в організмі, що виявляють збільшенням МДА в печінці, нирках та шкірі через 14 діб посттравматичного періоду.

2. Виконання ПМТ через 1 і 14 доби після КСТ супроводжується посиленням інтенсивності процесів ліпідної пероксидації, що виявляють суттєвим збільшенням вмісту МДА в досліджуваних тканинах, порівняно із аналогічною групою щурів, яким моделювали лише КСТ.

3. Проведення ПМТ через 7 діб після моделювання КСТ викликає найменші порушення вмісту МДА в печінці, нирках і шкірі, порівняно зі щурами, яким виконували ПМТ в інші терміни посттравматичного періоду, що визначає цей термін як оптимальний для проведення пластичних втручань на м'яких тканинах в умовах досліджуваної патології.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ФІНАНСУВАННЯ: робота виконана власним коштом автора.

ВІДПОВІДНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ СТАТТІ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ НОРМАМ БІОЕТИКИ: усі експерименти виконано з дотриманням «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001) та узгоджених із положенням «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986) та були акредитовані Комітетом з питань біоетики Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського (протокол № 85 від 1 квітня 2026 р.).

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ДОСТУПНІСТЬ ПЕРВИННИХ ДАНИХ: первинні дані, що підтверджують результати цього дослідження доступні за обґрунтованим запитом до авторів, з урахуванням вимог конфіденційності та етичних норм.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: автор рукопису засвідчують, що у процесі проведення дослідження та підготовки цього рукопису не використовували жодних інструментів або сервісів генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, перелічених у Таксономії делегування завдань генеративному штучному інтелекту «GAIDeT» (Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy, 2025 р.). Усі етапи роботи – від концептуалізації до фінального редагування – виконані без залучення генеративного штучного інтелекту, виключно авторами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Khomenko, I. P., Korol, S. O., Khalik, S. V., Shapovalov, V. Y., Yenin, R. V., Herasimenko, O. S., & Tertyshnyi, S. V. (2021). Clinical and Epidemiological analysis of the structure of combat surgical injury during Antiterrorist operation / Joint Forces Operation. *Ukrainian Journal of Military Medicine*, *2*(2), 5–13. 10.46847/ujmm.2021.2(2)-005. [in Ukrainian].

2. Soni, K. D., Bansal, V., Arora, H., Verma, S., Wärnberg, M. G., & Roy, N. (2022). The State of Global

Trauma and Acute Care Surgery/Surgical Critical Care. *Critical care clinics*, *38*(4), 695–706. DOI: 10.1016/j.ccc.2022.06.011.

3. Kostiuk, V. P., & Tsvyakh, A. I. (2023). Polytrauma: causes and rehabilitation during the late stages of a traumatic illness. *Hospital Surgery. Journal Named by L.Ya. Kovalchuk*, (1), 63–68. 10.11603/2414-4533.2023.1.13814. [in Ukrainian].

4. Tsymbalyuk, V. I. (Ed.). (2021). *Atlas of combat surgical trauma (experience of the anti-terrorist operation*. Collegium. [in Ukrainian].

5. Khomenko, I. P., Verba, A. V., Khoroshun, E. M.(2016) Characteristics of combat surgical trauma, shortcomings and achievements in the treatment of the wounded and injured in the conditions of an anti-terrorist operation. *Science and practice*, (1–2), 27–31. [in Ukrainian].

6. Korol, S. O. (2016). Fire and mine-explosive injuries of the limbs in the system of providing assistance to the wounded during the anti-terrorist operation. In *Collection of scientific works XVII congress of orthopaedics and traumatologists of ukraine* (pp. 27–28). [in Ukrainian].

7. Korol, S. O., Bespalenko, A. A. (2015) The use of modern methods specialized trauma treat the wounded with gunshot fractures long bones IV level of provision health care). *Chronicle of traumatology and orthopedics*,1–2, 28–30. [in Ukrainian].

8. Kozusko, S. D., Liu, X., Riccio, C. A., Chang, J., Boyd, L. C., Kokkalis, Z., & Konofaos, P. (2019). Selecting a free flap for soft tissue coverage in lower extremity reconstruction. *Injury*, *50*(5), S32–S39. https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.10.045

9. Franco, M. J., Nicoson, M. C., Parikh, R. P., & Tung, T. H. (2017). Lower Extremity Reconstruction with Free Gracilis Flaps. *Journal of reconstructive microsurgery*, *33*(3), 218–224. https://doi.org/10.1055/s-0036-1597568

10. Sushko, Y. I., Hudyma, A.A., & Zachepa O.A. (2022). Influence of cranioskeletal trauma on the manifestations of cytolytic Syndrome in conditions of cranioskeletal trauma in rats of different ages. *Hospital Surgery. Journal named by L.Ya. Kovalchuk*, (3), 54–62. https://doi.org/10.11603/2414-4533.2022.3.13393 [in Ukrainian].

11. Uhlyar, T. Y., Badiuk, M. I., Hudyma, A. A., Salii, M. I., Tsymbaliuk, H. Y., Prokhorenko, O. O., & Maika, I. A. (2023). Features of the liver's functional state under conditions of cranio-skeletal injury combined with blunt abdominal trauma. *World of Medicine and Biology*, *19*(83), 238. https://doi.org/10.26724/2079-8334-2023-1-83-238-242. [in Ukrainian]

12. Serin, M., & Bayramicli, M. (2018). Experimental Rat Flap Models. In *Issues in Flap Surgery*. InTech. https://doi.org/10.5772/intechopen.69923.

13. Vlizlo, V. V. (Ed.) (2012) *Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine*. Lviv: Spolom. [in Ukrainian].

14. Zyablitsev, S. V., Yelsky, V. M. (2020) *Traumatic disease syndromes in traumatic brain injury*. Kramatorsk: Kashtan. [in Ukrainian].

15. Sushko, Y. I. (2025). The effect of cell therapy on the manifestations of oxidative stress in rats of different ages under conditions of cranio-skeletal trauma. *Medical and Clinical Chemistry*, (4), 38–47. https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2024.i4.15118 [in Ukrainian].

16. Levchuk, R. D. (2024). The influence of acute bloodloss on the intensity of lipid peroxidation processes in the liver under conditions of cranio-cerebral trauma, blunt abdominal trauma and skeletal trauma in the experiment. *Medical and Clinical Chemistry*, (3), 77–84. https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2024.i3.14930 [in Ukrainian].

17. Ponomarenko, O. V. (2018). Skin grafting in the complex treatment of severe combined damages of the trunk and extremities. *Achievements of biology and medicine*, (2), 55–58. [In Ukrainian].

18. Zozulya, I. S. Volosovets, A. O. Zozulya, A. I. Traumatic injury: pre-hospital care (2023). *Ukrainian Medical Journal*, *158*(6), 1– 4. https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.158.247605 [In Ukrainian].

19. Kravchenko, S. P., & Sukhenko, Y. M. (2021). Conceptual analysis of the course of traumatic disease in patients against politrauma. *Bulletin of Problems Biology and Medicine*, *4*(1), 130. https://doi.org/10.29254/2077-4214-2021-4-162-130-135 [In Ukrainian].

20. Izhytska, N. V., Sushko, Y. I., Hudyma, A. A., Zachepa, O. A., & Prokhorenko, O. O. (2023). Antioxidant-prooxidant balance of the kidneys in rats of different ages under conditions of experimental cranioskeletal trauma. *Wiadomosci lekarskie*, *76*(9), 1930–1935. https://doi.org/10.36740/WLek202309105

Адреса для листування: *kuchabskyi_s@tdmu.edu.ua*

S. M. Kuchabskyi
IVAN HORBACHEVSKY TERNOPIL NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY OF THE MINISTRY OF HEALTH OF UKRAINE

SYSTEMIC MANIFESTATIONS OF POLYTRAUMA FOLLOWING SOFT TISSUE RECONSTRUCTION PERFORMED AT VARIOUS STAGES OF THE POST-TRAUMATIC PERIOD

Summary

Introduction. *In the conditions of modern wartime, combined wounds most often occur, in which damage to the extremities involving soft tissue defects is the most common. Despite the implementation of modern treatment technologies, the functional outcomes of treating wounded patients with soft tissue defects remain unsatisfactory in nearly half of them. It is believed that one of the factors in selecting the optimal reconstruction method is the patient's general condition, which is caused by systemic disorders associated with the primary injury.*

The aim of the study *is to identify the characteristics of systemic manifestations of polytrauma following soft tissue reconstruction performed at different stages of the post-traumatic period.*

Research Methods. *The experiments were conducted on mature male Wistar line white rats. In the first series of experiments, under thiopental-sodium anesthesia, rats underwent simulated cranioskeletal trauma (CST) and soft tissue reconstruction (STR), and were taken out of the experiment after 14 days. Intact rats served as the control group. In the second series of experiments, STR was performed on separate groups of rats with CST 1, 3, 7, and 14 days after the post-traumatic period. Rats with CST served as the control group. Rats were taken out of the experiment at a time corresponding to 14 days after modeling of STR. The intensity of systemic disturbances was assessed based on the determination of malondialdehyde (MDA) in extracts of liver, kidney, and skin homogenates.*

Results and Discussion. *It was found that modeling STR 14 days after post-traumatic period, compared with the control group, led to an increase in MDA levels in the liver, kidneys, and skin. In rats in which only CST was induced, MDA levels in the examined organs reached their maximum 14 days after the post-traumatic period and gradually decreased by the 28th day without reaching control levels. In rats that underwent STR 1 day after CST, MDA levels in the liver, kidneys, and skin were higher compared to the group that underwent only CST. After STR performed 3 and 7 days after CST, the degree of MDA elevation in the liver, kidneys, and skin gradually decreased and was lowest after 7-day STR. However, performing STR 14 days after CST was accompanied by a repeated increase in MDA levels in the studied organs.*

Conclusion. *The application of STR 7 days after the post-traumatic period is associated with fewer overall systemic complications, which may represent a new direction in the surgical reconstruction of soft tissue defects in the context of multi-trauma.*

KEY WORDS: **craniocerebral trauma; skeletal trauma; soft tissue reconstruction; liver; kidneys; skin; lipid peroxidation.**

Дата першого надходження статті до видання: 09.04.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.04.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.05.2026