

67. Wipf U. The influence of the surface on the movement pattern. – Master's Thesis, ETH: Zurich, 1999. – 423 p.
68. ASTM F 355-86 Standard test method for shock-absorbing properties of playing surface system and materials // Annual book of ASTM standards. – Philadelphia, 1986.
69. DIN 18032 / part 2. Gymnasiums for sport and games. – Draft 1993.

*In the review the methods of research of influence of impact loadings on sports shoes and artificial of cover and their role in occurrence sports traumatic are discussed.*

*Юрій Завійський*

## **ПОКАЗНИКИ ОБМІНУ БІОМЕТАЛІВ ЗАЛІЗА, МІДІ, КОБАЛЬТУ ТА ЦИНКУ В ОРГАНІЗМІ ЗА УМОВ ТРАВМАТИЧНОГО ПОШКОДЖЕННЯ ШКІРИ**

**Актуальність.** Травми шкіри є невід'ємним компонентом найрізноманітніших хірургічних втручань, складають досить великий відсоток побутового, виробничого, а також спортивного травматизму. Статистика ХХ сторіччя переконливо свідчить про те, що кількість людей в Європі, Америці, Азії та Африці, які активно займаються фізичною культурою і спортом, неухильно зростає. Ця тенденція, яка триває і по сьогоднішній день, набрала особливо відчутних темпів в останні два десятиріччя. Спорт в житті сучасної людини в економічно розвинутих країнах світу став фактично невід'ємним компонентом побуту, а для мільйонів людей – сферою професійної діяльності. Багато сучасних видів спорту (бокс, футбол, регбі, бейсбол, хокей, гірськолижний та ковзанярський спорт, авто-мото-велоспорт, східні єдиноборства, багатоборства та ціла низка інших) належать до категорії високотравматичних. За інтенсивним показником травматизму (ІПТ) незаперечним “лідером” серед різних сучасних видів спорту є бокс, а за темпами зростання ІПТ – футбол. Без сумніву, що максимально швидке одужання та повернення “в стрій” спортсменів після отриманих ними травм є особливо актуальним. Цей постулат стосується перш за все професіональних спортсменів-футболістів, оскільки футбол в кінці другого – на початку третього тисячоліття став за багатьма показниками (кількість спортсменів, уболівальників, тренерів, масажистів, спеціалістів-дієтологів, спортивних фізіологів, біохіміків, лікарів, менеджерів, журналістів, коментаторів та ін.) спортом №1 на планеті. Свідченням сказаного є хоча б те, що за перебігом подій на кожному з трьох останніх чемпіонатів світу з футболу завдяки телебаченню слідкувало, за даними сучасних провідних спортивно-інформаційних агенцій, від 1,5 до 3,5 мільярдів людей.

Травматичні ушкодження шкіри (рани, натертості, садна) серед різних травм спортсменів займають доволі значний відсоток (до 29%), поступаючись лише забоям (до 46%) та ушкодженням сухожильно-зв'язкового апарату (до 31%). Враховуючи сказане, пошуки дієвих шляхів інтенсифікації темпів

лікування цієї категорії травм у спортсменів є вельми актуальними і, власне, стали стратегічною метою даного дослідження. Загальновідомо, що швидкість репаративних процесів суттєво залежить від стану обміну речовин в організмі, і передусім – білкового. З іншого боку, процеси репарації генерують потужні зміни в різних ланках метаболізму.

Незаперечним фактом на сьогоднішній день є те, що одним з обов'язкових компонентів нормального функціонування клітин організму вважаються мікроелементи-біотики [1, 2]. Результати ряду досліджень та низки наукових публікацій, в тому числі і власних, переконливо свідчать про активну роль біоелементів у роботі імунної системи організму [6, с.10]. Наявні в літературі дані стосовно участі мікроелементів у процесах регенерації та репарації поодинокі [9].

**Метою** дослідження було вивчити в умовах експерименту деякі, з нашої точки зору, вузлові показники обміну таких мікроелементів, як залізо, мідь, кобальт і цинк (їх добовий баланс та вміст в шкірі) за умов травматичного пошкодження шкірних покривів. Одночасно вивчалася інтенсивність основного обміну – як об'єктивного та вельми інформативного показника загальної картини метаболічних процесів на рівні цілісного організму. Беручи до уваги ту обставину, що шкіра є одним із важливих складових компонентів імунної системи, досліджувалась динаміка змін окремих показників неспецифічної реактивності організму, зокрема – чисельність лімфоцитів у периферійній крові та їх потенційна здатність до спонтанного розеткоутворення, оскільки спонтанне утворення “розеток” лімфоцитами периферійної крові, за літературними даними, є маркером Т-лімфоцитів [7].

**Об'єкт і методи досліджень.** З урахуванням сезонних коливань фізіологічних показників норми, експериментальні дослідження проведені в осінньо-зимовий період на 30 статевозрілих морських свинках, самцях, масою 0,45 – 0,60 кг. Модельовання травматичного ушкодження шкіри здійснювалось шляхом нанесення в ділянці спини двох паралельних повношарових надрізів шкіри, довжиною 2 см кожен, на відстані 1 – 1,5 см від одного. Одразу ж утворені дефекти шкіри ліквідувались шляхом накладання восьми швів (по чотири на кожен розтин) з використанням компакт-моделі шовного матеріалу виробництва фірми Medicor (Будапешт-Угорщина). Надрізи шкіри здійснювались з допомогою офтальмологічного хірургічного скальпеля, а піддослідні тварини протягом всіх вище перерахованих маніпуляцій перебували під ефірним наркозом. Вказані оперативні втручання проводилися з дотриманням всіх, без винятку, вимог до проведення експериментальних досліджень на лабораторних тваринах та правил стерильності при виконанні хірургічних операцій. В експеримент тварини відбиралися згідно з існуючими критеріями і утримувалися на раціоні віварію [4].

Балансові дослідження заліза, міді, кобальту та цинку проводили протягом однієї доби на окремих етапах експерименту в спеціально сконструйованих для цієї мети обмінних клітках: а) за 2-3 дні до початку експерименту (норма) і

б) через кожні 5 днів після проведеного оперативного втручання, аж до повного загоєння рани, тобто на 5-й та 10-й дні. Показники балансу вказаних металів визначали шляхом встановлення різниці між кількістю кожного зокрема біоелемента, яка протягом доби надходила в організм з їжею, та його кількістю, що виводилась з організму з екскрементами (сеча, кал) за цей же час. Отримані таким чином цифрові показники балансу (в мкг за добу) набирали певних математичних значень, а саме: “+” або “-”, що вказувало відповідно на наявність позитивного (переважання утримання елемента в організмі над його виведенням) або негативного (переважання процесів виведення над утриманням) балансу в організмі кожного елемента зокрема. Дослідження вмісту металів в біологічних об’єктах (харчові продукти добового раціону тварин, екскременти, шкіра) проводились методом визначення заліза, міді, цинку і кобальту в одній пробі [3]. Показники стану основного обміну вивчали за методом Сент-Дьєрді, а кількість Т-лімфоцитів (Е-РУК) в периферійній крові – в реакції спонтанного розеткоутворення [7].

Отриманий в експерименті цифровий матеріал опрацьований статистично за допомогою методів кореляційного аналізу та варіаційної статистики з використанням таблиць Стюдента [5].

**Результати та їх обговорення.** Як показали дослідження, травматичне ушкодження шкіри спричиняє певні, неоднакові за спрямованістю зміни балансу заліза, міді, кобальту і цинку в організмі. Так, в усі досліджувані строки (5-й та 10-й дні експерименту) спостерігається зниження ретенції заліза, міді та кобальту на фоні суттєвого збільшення утримання в організмі цинку. Зокрема, утримання заліза на 5-й день експерименту знижується на 35%, міді – на 28%, кобальту – на 27%. На 10-й день досліджень (період остаточного загоєння рани) загальна картина вказаних змін залишається такою ж, хоча їх інтенсивність дещо нижча: утримання в організмі заліза зменшується в порівнянні з показниками норми на 18%, міді – на 8%, кобальту – на 10%. Поряд з цим вектор змін показників балансу цинку в досліджувані терміни має цілком протилежний напрямок: на 5-й та 10-й дні експерименту утримання цинку в організмі зростає більш ніж в два рази і складає, відповідно, + 124% та + 107% по відношенню до показників норми (табл.1).

Результати вивчення вмісту заліза, міді та кобальту в ушкодженій ділянці шкіри фактично повністю співзвучні з описаними вище змінами їх балансу в цілому організмі. Так, на 5-й день експерименту їх концентрація в шкірі зменшується. В період остаточного загоєння рани (9-11 дні) кількість заліза та кобальту в досліджуваних зразках шкіри частково зростає, але в порівнянні з нормою залишається суттєво нижчою, а міді – підвищується і практично досягає вихідних показників. Водночас вміст цинку в зоні ушкодження шкіри на всіх етапах досліджень значно зростає і більш ніж вдвічі (в 2,4 рази на 5-й день та в 2,2 рази на етапі остаточного загоєння рани) перевищує аналогічні показники норми (табл. 2). Співставлення даних щодо вмісту досліджуваних мікроелементів у шкірі та їх балансу в організмі висвітлює наявність між ними

тісного прямого зв'язку, незаперечним свідченням чого є досить високі позитивні показники відповідних індексів кореляції (пп. 5-8, табл. 4).

**Таблиця 1.** Динаміка добового балансу заліза, міді, кобальту і цинку після травматичного ушкодження шкіри (мкг/добу)

Біоселемент	Статист. показник	Норма	Терміни досліджень (дні)	
			5-й	10-й
ЗАЛІЗО	M	+ 173.0	+ 112.8	+ 141.3
	+m	35.6	18.2	31.6
	n	20	10	10
	P		> 0.1	> 0.5
МІДЬ	M	+ 95.9	+ 69.3	+ 88.6
	+m	9.0	9.2	7.8
	n	20	10	10
	P		< 0.02	> 0.5
КОБАЛЬТ	M	+ 0.78	+ 0.57	+ 0.70
	+m	0.16	0.17	0.14
	n	20	10	10
	P		> 0.2	> 0.5
ЦИНК	M	+ 8.4	+ 18.8	+ 17.4
	+m	2.1	2.3	2.4
	n	20	10	10
	P		< 0.001	< 0.01

**Таблиця 2.** Динаміка вмісту заліза, міді, кобальту і цинку в шкірі при її травматичному ушкодженні (мг/кг сирової речовини)

Біоселемент	Статист. показник	Норма	Терміни досліджень (дні)	
			5-й	Період остаточного загоєння рани (9-11 дні)
ЗАЛІЗО	M	32.30	12.41	16.56
	+m	2.66	0.72	0.38
	n	10	10	10
	P		< 0.001	< 0.001
МІДЬ	M	3.29	2.37	3.32
	+m	0.19	0.21	0.16
	n	10	10	10
	P		< 0.001	> 0.5
КОБАЛЬТ	M	56.9	31.9	43.4
	+m	4.5	3.6	1.2
	n	10	10	10
	P		< 0.001	< 0.02
ЦИНК	M	9.52	22.90	20.93
	+m	0.59	2.27	1.21
	n	10	10	10
	P		< 0.001	< 0.001

Таким чином, отримані результати досліджень балансу заліза, міді, кобальту і цинку, а також їх вмісту в зоні активних процесів репарації дають нам можливість констатувати наявність суттєвого перерозподілу вказаних мікроелементів як на рівні цілісного організму, так і в шкірі, що є наслідком її травматичного ушкодження. Факт зростання ретенції цинку в організмі на всіх етапах експерименту (5-й та 10-й дні), а також збільшення його концентрації в ушкодженій ділянці шкіри узгоджується з даними літератури, які свідчать про те, що цьому мікроелементові притаманні мітогенний ефект [10], стимулюючий вплив на процеси синтезу білка [8], репарації і загоєння ран [9].

Встановлено, що травма шкіри стає потужним чинником мобілізації захисних сил організму. Так, вже в ранні терміни після її пошкодження (3-й, 5-й дні), в периферійній крові виразно зростає абсолютна чисельність лімфоцитів та суттєво активізується їх здатність до спонтанного розеткоутворення, що є незаперечним свідченням активації в цілому роботи системи неспецифічної реактивності організму. В період остаточного загоєння рани (9-11 дні експерименту) вектор динаміки вказаних досліджуваних показників змінює свій напрямок в бік нормалізації (табл.3). Виходячи зі сказаного, небезпідставно можна припустити, що в організмі, де імунна система функціонує на належному фізіологічному рівні, репаративні процеси перебігатимуть з більшими темпами, а період реабілітації, відповідно, займатиме в цілому менше часу. Беручи до уваги літературні дані про активуючий вплив цинку на роботу різних ланок імунітету [6, с.9], досить чітко викристалізовується картина реального функціонування в організмі своєрідного фізіологічно-активного ланцюга: цинк – імунітет – репарація.

Виявлено, що в ранні терміни (3, 5 дні) після травматичного пошкодження шкіри активізуються метаболічні процеси в організмі, на що вказує виразне зростання інтенсивності основного обміну: на 3-й день від початку експерименту абсолютні значення показника основного обміну збільшуються в середньому на 13%, а на 5-й день – на 21%. Цей факт очевидно пов'язаний з поступовим формуванням та перебігом активних репаративних процесів у зоні ушкодження. В період остаточного загоєння рани (9-11 дні) вектор змін показника основного обміну змінює свій напрямок на протилежний і практично досягає вихідних значень (табл.3).

Порівняльний аналіз отриманих результатів дає можливість констатувати наявність достатньо високого ступеня зв'язку між окремими досліджуваними показниками (табл.4). Передусім привертає до себе увагу абсолютний показник коефіцієнта кореляції (+0.97), який отриманий при співставленні динаміки змін балансу цинку в організмі та кількості Е-РУК в крові: знак "+" вказує на наявність прямої залежності між ними, а числовий показник 0.97 – на дуже високий рівень вірогідності взаємозв'язку між активацією імунної системи та зростанням ретенції цинку в організмі за умов травматичного пошкодження шкіри.

**Таблиця 3.** Вплив травматичного ушкодження шкіри на динаміку кількості лімфоцитів, Е-РУК та інтенсивність основного обміну

Досліджуваний показник	Статист. показник	Норма	Терміни досліджень (дні)		
			3-й	5-й	10-й
Лімфоцити (Гіга/літр)	M	5.923	10.727	9.577	6.552
	+m	0.641	0.445	0.620	0.574
	p	10	10	10	10
	P		< 0.001	< 0.001	> 0.2
Е-РУК (Гіга/літр)	M	1.670	3.325	3.726	2.948
	+m	0.203	0.295	0.246	0.294
	p	10	10	10	10
	P		0.001	< 0.001	< 0.01
Основний Обмін (см <sup>2</sup> /хв/кг)	M	19.62	22.25	23.74	20.25
	+m	0.79	0.58	0.36	0.34
	p	10	10	10	10
	P		< 0.02	< 0.001	> 0.2

**Таблиця 4.** Характер взаємозв'язку між окремими досліджуваними показниками

№ з/п	Порівнювані показники		Коефіцієнт кореляції (r)
1	Лімфоцити – Е-РУК		+ 0.80
2	Лімфоцити – Основний обмін		+ 0.86
3	Е-РУК – Основний обмін		+ 0.88
4	ЦИНК	Баланс – Основний обмін	+ 0.71
		Баланс – Лімфоцити	+ 0.72
		Баланс – Е-РУК	+ 0.97
5	ЗАЛІЗО	Баланс – Вміст у шкірі	+ 0.96
6	МІДЬ	Баланс – Вміст у шкірі	+ 0.94
7	КОБАЛЬТ	Баланс – Вміст у шкірі	+ 0.98
8	ЦИНК	Баланс – Вміст у шкірі	+ 1.00

Досить високий ступінь вірогідності прямого взаємозв'язку прослідковується також і між динамікою змін основного обміну, з одного боку, та чисельністю лімфоцитів у периферійній крові (+0.86) і їх здатністю до спонтанного розеткоутворення (+0.88) – з іншого.

**Висновки 1.** Травматичне ушкодження шкіри спричиняє різні за спрямованістю зміни балансу мікроелементів в організмі: зменшення ретенції заліза, міді і кобальту та збільшення утримання цинку.

2. Результати балансових досліджень вказаних біоелементів узгоджуються з даними, стосовно їх вмісту в зоні ушкодження шкіри: збільшення концентрації цинку і зменшення кобальту, заліза та міді.

3. Перебіг репаративних процесів в організмі супроводжується а) інтенсифікацією основного обміну та б) активізацією фізіологічних процесів в імунній

системі: збільшення чисельності лімфоцитів у крові та їх здатності до спонтанного розеткоутворення.

**Практичні рекомендації.** Зважаючи на той факт, що цинк є активним компонентом репаративних процесів в організмі, за умови підтвердження отриманих нами результатів в клінічній практиці, з метою скорочення термінів реабілітації при лікуванні шкірних травм, доцільним було б збільшення кількості цього біоелемента в раціоні, а також використання препаратів цинку для зовнішнього застосування: присипання, зрошення, змащування ран, електрофорез та ін. Передусім, на нашу думку, сказане стосується спортсменів-професіоналів, адже прискорення темпів реабілітації після травм сприятиме збереженню їх спортивної форми та подовженню часу активного перебування в спорті.

1. Авцин А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека – М.: Изд-во КМК, 2001 – 83 с
3. Бабенко Г.О. Визначення мікроелементів і металоферментів у клінічних лабораторіях. – К.: Здоров'я, 1968. – 138 с.
4. Западнюк И.П., Западнюк В.И., Захария Е.А. Лабораторные животные. – К.: Вища школа, 1974. – 304 с.
5. Ойвин И.А. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований // Патологич. физиология и эксперим. терапия. – 1960. – №4. – С.76-85.
6. Прегер С.М. Микроэлементы и иммунологическая реактивность организма. – Томск: Изд-во ТГУ, 1979 – 168 с.
7. Чернушенко Е.Ф., Когосова Л.С. Иммунологические исследования в клинике. – К.: Здоров'я, 1978. – 160 с.
8. Bates J., McClain C.J. The effect of severe zinc deficiency on serum levels of albumin, transferrin, and prealbumin in men – Amer. J. Clin. Nutr., 1981, v. 34, №9. – P 1655-1660.
9. Burch R.E., Sullivan J.F. Clinical and nutritional aspects of zinc deficiency and excess. – Med. Clin. N. Amer., 1976, v. 60, №4 – P.675-685.
10. Hart D.A. Effect of zinc chloride on hamster lymphoid cells mitogenicity and differential enhancement of lipopolysaccharide stimulation of lymphocytes. – Infect. and Immun., 1978, v. 19, №2. – P 457-461.

*There were studied the changes in trace elements balance of iron, copper, cobalt and zinc in an organism and their redistribution in skin under conditions of traumatic injury. It was established that coverlets injury (wound) accompanying by decreasing of cobalt, copper and iron retention against a background of significant increasing of zinc retention in the organism. At the same time the content of zinc in the injured part of skin increases more than twice.*