

• ПРОБЛЕМА ДОПІНГУ В СПОРТІ.  
СПОРТИВНА ФАРМАКОЛОГІЯ. ХАРЧУВАННЯ СПОРТСМЕНІВ

• THE PROBLEM OF DOPING IN SPORTS.  
SPORTS PHARMACOLOGY. POWER ATHLETES

УДК 796.88:577.115

**ВПЛИВ ЦИНКУ НА ВМІСТ ПРОДУКТІВ  
ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ  
В ОРГАНІЗМІ ВАЖКОАТЛЕТІВ**

**Ірина ГЛОЖИК**

*Львівський державний університет фізичної культури*

**Анотація.** Для корекції прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в організмі за умов інтенсивних фізичних навантажень в останні десятиріччя використовуються різноманітні фармакологічні препарати з антиокиснювальними та сорбційними властивостями. Одним із таких препаратів є хелат цинку – MEGA Zn. За результатами проведених досліджень ми встановили, що додаткове вживання сполук цинку впродовж 10 днів важкоатлетами викликало інгібуючий вплив на процеси пероксидного окиснення ліпідів в організмі. Виявлено, що інтенсивність впливу була пропорційною дозі вживання цього мікроелемента. Окрім того, спостерігалася тенденція до підвищення інтенсивності метаболізму глюкози анаеробним шляхом.

**Ключові слова:** важкоатлети, пероксидне окиснення ліпідів, гідропероксиди, антиоксидантний захист, лактат.

**Постановка проблеми.** Характерною рисою сучасного спорту є значні за обсягом та інтенсивністю тренувальні навантаження, які висувають надзвичайно високі вимоги до організму спортсмена [2].

Силові види спорту вимагають великих затрат енергії, які переважно супроводжуються розвитком в організмі спортсменів тканинної гіпоксії, а інколи – ендогенною інтоксикацією. При поглибленому обстеженні органів та систем висококваліфікованих спортсменів іноді виявляють приховані дефекти, які під впливом інтенсивного тренування поглиблюються, а з часом, після завершення активних занять спортом, проявляються як виражені патологічні зміни [1,2]. Причиною цього є такі метаболічні зміни як активація процесів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) та гіперпродукція простагландинів, збільшення частки анаеробного шляху вивільнення енергії [2]. Однією з причин значного прискорення ПОЛ за умов інтенсивних (максимальних та субмаксимальних) фізичних навантажень є активація симпато-адреналової системи у відповідь на посилення м'язової роботи. Це пов'язано з утворенням активних форм кисню (АФО) при окисненні адреналіну, які здатні ініціювати вільнорадикальні реакції [8]. При інтенсивних фізичних навантаженнях у тварин і людей закономірно знижується концентрація аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ) та креатинфосфату (КФ) у скелетних м'язах, активується гліколіз, виникає значне підвищення вмісту лактату та зниження величини рН крові [3].

Накопичення в організмі спортсменів ендогенних токсинів – проміжних і кінцевих метаболітів ПОЛ, вільних радикалів, недоокиснених продуктів енергетичного обміну – здатне обумовити імуносупресивний стан та викликати негативні структурно-функціональні зміни різних органів та тканин, у тому числі й еритроцитів периферійної крові [6].

Безпосередніми наслідками активації ПОЛ в організмі спортсменів є стани перетренованості та зниження спортивної (загальної та спеціальної) працездатності [5]. Окисний стрес (ОС) зумовлює розвиток патології серцево-судинної та нервової систем спортсменів. Інтенсивне фізичне навантаження потребує максимального напруження роботи мітохондрій скелетних м'язів та серця. На сьогодні не викликає сумнівів те, що за своєю чутливістю до кисневого голодування серцево-судинна система займає друге місце після центральної нервової системи [5,6].

Вміст продуктів ПОЛ в організмі регулюється за допомогою антиоксидантної системи (АОС). До її складу належать як ферменти (супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, глутатіон-редуктаза, пероксидаза), так і неферментативні антиоксиданти (АО) [4]. Проте за умов ОС, коли відбувається накопичення АФО, потужності АОС для знешкодження цих форм не вистачає, що призводить до порушення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги.

Для її корекції за умов інтенсивних фізичних навантажень, які завжди супроводжуються гіпоксією, надлишковою активністю ПОЛ та ендогенною інтоксикацією, в останні десятиріччя використовуються різноманітні фармакологічні препарати з антиокиснювальними та сорбційними властивостями [7].

Отже, дослідження нових високоефективних препаратів, здатних посилювати систему антиоксидантного захисту, є актуальним завданням. При цьому з'ясування механізмів дії цих речовин дає можливість визначити правильні схеми використання, щоб запобігти негативному впливові ОС за умов інтенсивних фізичних навантажень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В. Л. Смульський та інші автори на підставі вивчення впливу значних фізичних навантажень на ПОЛ і стан антиоксидантних систем організму дійшли висновку, що підвищити стійкість організму до напруженої м'язової роботи можна шляхом фармакологічної корекції стану його АОС динамією сіллю мезодимеркаптосукцината разом із мінерало-вітамінними компонентами (препарат сукцимер), що сприяє підтримці концентрації SH-груп у тканинах [8].

Н. Ткаченко вказує на накопичення деяких метаболітів, зокрема сечовини, які впливають на стан АОС спортсменів [1, 5]. За даними автора, сечовина має прооксидантний вплив на тіол-дисульфідну ланку АОС, що виявляється в підвищеній окиснюваності SH-груп за наявності цього метаболіту навіть у низьких концентраціях (1,7 мМ *in vitro*). Автор пропонує для підвищення фізичної працездатності вживати природний препарат (ліпоеву кислоту, яка послаблює прооксидантні ефекти сечовини).

Дж. Деккерс та інші (J.C.Dekkers et. al) рекомендують особам, які регулярно виконують важку фізичну роботу, щоб запобігти спричиненому значними фізичними навантаженнями оксидативному стресові вживати вітаміни Е і С [9]. Виявлено, що в таких випадках поліпшуються результати [3, 9]. Зокрема, у тренуваних велосипедистів, які додатково споживають препарати коензиму Q<sub>10</sub> й інтенсивно тренуються, в крові вміст МДА збільшується на 21 %, а через п'ять тижнів становить лише 5 %. Постійні тренування сприяють зменшенню індукованого ними ПОЛ [4].

І. Драган та інші (I.Dragan, E.Ploesteanu et al) дослідили антиоксидантний вплив селену (Se<sup>2+</sup>) в кількості 100 мкг/день на вміст глутатіону, МДА, глюкозо-6-фосфатдегідрогенази і фруктозо-1,6-дифосфатальдолази в сироватці крові спортсменів високої кваліфікації (важкоатлетів, велосипедистів) [10]. Отримані результати свідчать про значні зміни вмісту пероксидів і зазначених ферментів та незначні зміни вмісту глутатіону після фармакологічної корекції ПОЛ препаратом селену. Автори вказують на можливість використання цього препарату як антиоксиданта для збільшення ефективності тренувального процесу [5, 10].

Ще одним мікроелементом, який належить до складу системи антиоксидантного захисту є цинк (Zn<sup>2+</sup>). Спектр біологічної дії цинку в організмі людини і тварин дуже широкий. Цинк бере участь в обміні вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот, стабілізації плазматичних мембран, трансформації лімфоцитів, має антиоксидантну дію [7]. Окрім того, цинк має важливе значення у процесах росту й розмноження, у з'єднанні крові, імунному захисті, синтезі інсуліну та гормонів щитоподібної залози. Цинк подібно до заліза захищає організм людини і тварин від отруєння важкими металами [8]. Більше ніж 200 білків в організмі тварин містять цинк [11].

Установлено, що цинк належить до складу ключового антиоксидантного фермента – СОД. З літературних джерел відомо, що при дефіциті цинку в організмі тварин підвищується вміст вільних радикалів у мікросомах легень [2].

Однак, підсумовуючи літературні дані, можна зробити висновок, що вплив цинку на обмін речовин і фізіологічні функції вивчено недостатньо. Зокрема, у літературі трапляються

лише поодинокі дані про вплив цинку на стан системи антиоксидантного захисту та процеси ПОЛ.

**Мета дослідження** – з'ясувати дозозалежний вплив іонів цинку на процеси пероксидного окиснення ліпідів в організмі спортсменів-важкоатлетів.

**Методи та організація дослідження:**

1. Аналіз та узагальнення даних науково-методичної літератури.  
2. Визначення вмісту продуктів перекисного окиснення ліпідів, зокрема гідроперекисів ліпідів – за методом В.В. Мирончика (1998) та малонового диальдегіду – за методом С.Н. Коробейнікова (1989).

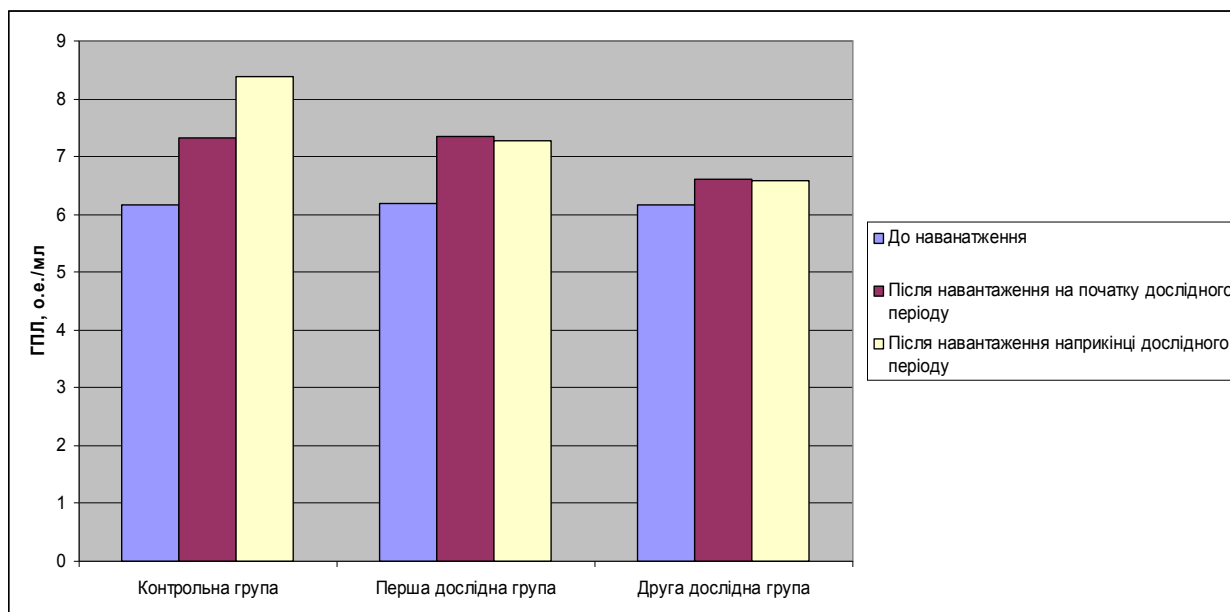
3. Визначення вмісту лактату – за методом Штрома.

4. Визначення вмісту пірувату – за методом Ван Слайка.

Дослідження проводилися на базі спортивного товариства “Локомотив”. Обстежено 29 спортсменів віком 18 і 21 років. Усі спортсмени отримували стандартне фізичне навантаження в підготовчому періоді. Спортсмени були розподілені на 3 групи довільно, не враховуючи рівня фізичної підготовленості. Спортсмени контрольної групи (10 осіб) не вживали цинк. Спортсмени першої дослідної групи (9 осіб) упродовж 10 днів додатково вживали препарат цинку в кількості 75 мг/добу, спортсмени другої дослідної групи (9 осіб) вживали препарат цинку в кількості 100 мг/добу. Взяття крові проводили до і після навантаження, на початку та наприкінці дослідного періоду. У плазмі крові визначали вміст гідроперексидів ліпідів, малонового диальдегіду, концентрацію молочної та піровиноградної кислот.

Дослідження проведено на базі Інституту біології тварин НААН України.

**Аналіз отриманих результатів.** За проведеними дослідженнями виявлено, що додаткове вживання цинку впливає на інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів в організмі важкоатлетів.



**Рис. 1. Концентрація гідроперексидів у плазмі крові спортсменів-важкоатлетів залежно від додаткового вживання цинку**

На початку дослідного періоду вміст гідроперексидів ліпідів у крові спортсменів контрольної та дослідних груп був майже однаковим і становив 6,17 од.Е<sub>480</sub>/мл. Після навантаження вміст цього метаболіту зростає як у контрольній, так і в дослідних групах. Так, у контрольній групі вміст ГПЛ збільшився на 19%, у спортсменів першої дослідної групи – на 19%, у спортсменів другої дослідної групи – на 18% (рис. 1).

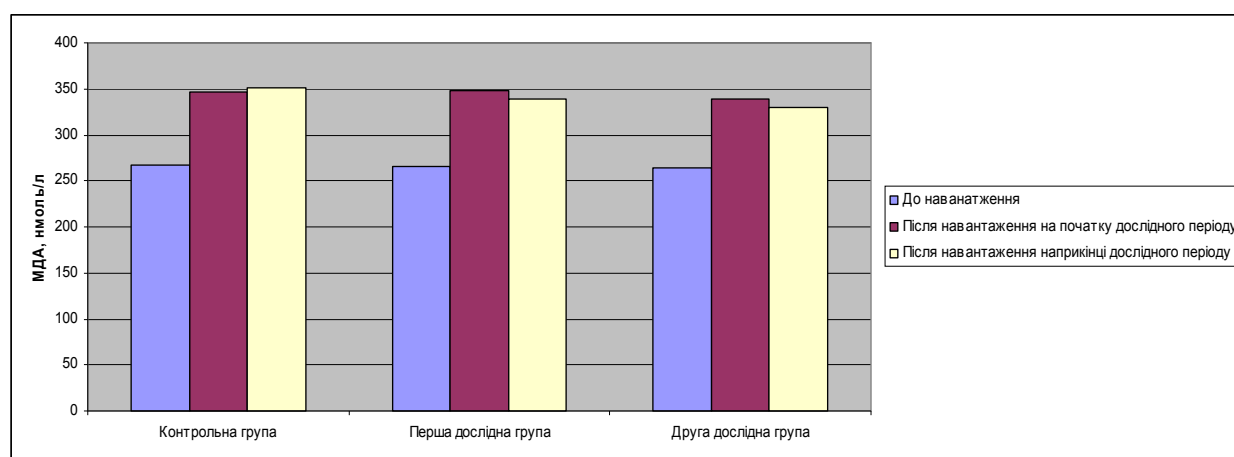
Наприкінці дослідного періоду, за даними таблиці, вміст гідроперексидів ліпідів у плазмі крові спортсменів дослідних груп був нижчим, ніж у плазмі крові спортсменів контрольної групи. У спортсменів першої дослідної групи, які вживали цинк у кількості 75 мг на добу,

вміст гідропероксидів ліпідів до навантаження був у межах 5,70 од.Е<sub>480</sub>/мл. У спортсменів другої дослідної групи, які вживали 100 мг цинку на добу, вміст гідропероксидів ліпідів вірогідно не відрізнявся від першої дослідної групи і становив 5,72 од.Е<sub>480</sub>/мл. У спортсменів контрольної групи, які додатково не вживали препарат цинку, він становив 6,98 од.Е<sub>480</sub>/мл.

Після навантаження вміст гідропероксидів ліпідів у спортсменів контрольної групи зріс у середньому на 20%. У спортсменів першої дослідної групи зростання вмісту цього метаболіту у плазмі крові було менш вираженим і становило 16 %, а у плазмі крові спортсменів другої дослідної групи вміст ГПЛ зріс на 15 %.

Таким чином, у кінці дослідного періоду у крові спортсменів дослідної групи до навантаження вміст ГПЛ був дещо нижчим порівняно із спортсменами контрольних груп (різниця 22 %) і нижчим був відсоток збільшення вмісту цього метаболіту після фізичного навантаження.

Одержані результати свідчать про інгібуючий вплив цинку при його додатковому вживанні на утворення гідропероксидів ліпідів в організмі спортсменів-важкоатлетів та відсутність залежності цього впливу від рівня тренуваності. Причому під час досліджень встановлено дещо більший інгібуючий вплив вищих доз цинку на утворення гідропероксидів ліпідів в організмі спортсменів, ніж середніх доз.



**Рис. 2. Вміст малонового діальдегіду в плазмі крові спортсменів-важкоатлетів залежно від додаткового вживання цинку**

Вміст малонового діальдегіду в плазмі крові спортсменів дослідної та контрольних груп до навантаження на початку дослідного періоду знаходився на однаковому рівні і становив 265,35 нмоль/л. Після навантаження вміст метаболіту зростав у середньому на 29–31% у всіх трьох групах (рис. 2).

У кінці дослідного періоду вміст МДА у плазмі крові спортсменів контрольної групи до навантаження становив 266,44 нмоль/мл. У спортсменів першої дослідної групи він становив у середньому 265,30 нмоль/мл, а у плазмі крові спортсменів другої дослідної групи – 264,32 нмоль/мл. Після навантаження вміст метаболіту у спортсменів контрольної групи збільшувався на 32% і становив 351,70 нмоль/мл. У спортсменів першої дослідної групи ми спостерігали підвищення вмісту малонового діальдегіду після навантаження на 28%. У спортсменів другої дослідної групи вміст цього метаболіту зростав на 25%.

Отже, за результатами проведених досліджень, додаткове вживання цинку здійснює інгібуючий вплив на збільшення вмісту продуктів перекисного окиснення ліпідів після фізичного навантаження. Інтенсивність впливу пропорційна дозі цього мікроелемента.

Досліджуючи такі метаболіти крові як молочна та пірвіноградна кислоти, ми встановили, що на початку дослідного періоду вміст пірвіноградної кислоти у плазмі крові спортсменів контрольної та дослідних груп до навантаження становив у середньому 0,09 ммоль/мл. Після навантаження вміст цього метаболіту у плазмі крові спортсменів трьох груп дещо зростав, але був на однаковому рівні, становлячи в середньому 0,35 ммоль/л. Наприкінці дослідного періоду як до, так і після навантаження, ми не виявили вірогідної різниці в концентрації

піровиноградної кислоти між спортсменами трьох груп. Так, до навантаження вона становила в середньому 0,08 ммоль/л, а після навантаження – 0,38 ммоль/мл.

Щодо вмісту лактату, то у плазмі крові спортсменів контрольної та дослідних груп був приблизно на одному рівні і становив у середньому 1,22 ммоль/л. Після навантаження вміст лактату зростає. У крові спортсменів трьох груп він також був на одному рівні і становив 5,9 ммоль/л. Наприкінці дослідного періоду до навантаження різниці у концентрації молочної кислоти у плазмі крові спортсменів контрольної та двох дослідних груп ми не виявили. Після навантаження концентрація молочної кислоти у плазмі крові спортсменів контрольної групи становила 6,1 ммоль/л. У плазмі крові спортсменів першої дослідної групи вміст цього метаболіту становив 6,35 ммоль/мл, а у плазмі крові спортсменів другої дослідної групи – 6,55–6,72 ммоль/мл, тобто був на 7–10 % вищим порівняно з контролем. Очевидно, це можна пояснити тим, що цинк у підвищених дозах посилює інтенсивність метаболізму глюкози гліколітичним шляхом. Різниці в концентрації молочної кислоти у крові спортсменів першої дослідної групи порівняно до спортсменів контрольної групи виражені незначною мірою. Дані свідчать про адаптивний характер стимулювального впливу цинку на енергетичні процеси в організмі, що можна пояснити широким спектром дії цього мікроелемента.

#### **Висновки:**

1. Додаткове вживання цинку здійснює інгібуючий вплив на процеси перекисного окиснення ліпідів в організмі.

2. Інтенсивність впливу пропорційна дозі цього мікроелемента.

**Перспективи подальших пошуків.** Подальші дослідження спрямовуватимуться на вивчення загальної працездатності спортсменів у залежності від вживання дозованих норм цинку та рівня тренуваності.

#### **Список літератури**

1. Гула Н. М. Основні напрямки досліджень відділу біохімії ліпідів // Укр. біохім. журн. – 2000. – Т. 72, № 4/5. – С. 21-25.

2. Бажан К. В. Стан перекисного окислення ліпідів та антиоксидантної системи в осіб, які зазнали впливу екстремальних факторів // Лік. справа. – 1998. – №8. – С. 47.

3. Мусієнко О. Вплив фізичних навантажень на вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів / О. Мусієнко, Д. Санагурський // Науковий вісник Львів ун-ту. – 2000. – Вип.26. – С.117–122.

4. Повышение устойчивости организма к напряжённой мышечной деятельности путём коррекции состояния его антиоксидантной системы / В. Л. Смульский, И. И. Земцова, Д. А. Сутовой [и др.]. // Наука в олимпийском спорте. – Спец. вып. – С. 87–92.

5. Ткаченко Н. Эффективность применения липоевой кислоты с учётом модулирующего влияния мочевины на состояние антиоксидантной системы // Наука в олимпийском спорте. – 1999. – № 1. – С. 97-102.

6. Тренева М. В. Соотношение уровня тревожности, процессов перекисного окисления липидов и активности некоторых ферментов у спортсменов в циклических и ациклических видах спорта / М. В. Тренева, Е. И. Львовская // Теория и практика физической культуры. – 2008. – №4. – С. 31-35.

7. Тренева М. Состояние процессов липидной перекисидации у спортсменов, занимающихся циклическими и ациклическими видами спорта / М. Тренева, Е. Львовская // Теория и методика физического воспитания и спорта. – К. – 2008. – № 3. – С. 75-79.

8. Тренева М. В. Взаимосвязь между уровнем тревожности и концентрацией продуктов перекисного окисления липидов у спортсменов в циклических и ациклических видах спорта / М. В. Тренева, Е. И. Львовская // Медико-биологические и психологические аспекты физической культуры и спорта : материалы Всерос. науч. конф. – Спб. : Военный институт физической культуры, 2007. – С. 116-120.

9. Dekkers J. C. The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage / Dekkers J. C., van Doornen L. J., Kemper H. C. // Sports Med. – 1996. – Vol.21, № 3. – P.213-238.

10. Studies on selenium in top athletes / Dragan I., Ploesteanu E., Cristea E. [et al.] // Physiologie. – 1988. – Vol. 25, № 4. – P.187-190.
11. Effect of dietary zinc supplementation on blod glucose metabolism, insulin responsiveness to glucose and tissue responsiveness to insulin in sheep/ Sano H., Hirakawa I., Sueyoshi A., Fujita T., Shiga A. // J. Anim. Physiol. And Anim. Nutr. – 1998. – Vol. 80. – P.10-17
12. Effect of dietary zinc supplementation on blod glucose metabolism, insulin responsiveness to glucose and tissue responsiveness to insulin in sheep/ Sano H., Hirakawa I., Sueyoshi A., Fujita T., Shiga A. // Rev. Med. Vet. (France). – 2000. – Vol. 151. – P. 667.

#### List of references

1. Hula N. M. Osnovni napryamky doslidzhen' viddilu biokhimiyi lipidiv // Ukr. biokhim. zhurn. – 2000. – T. 72, № 4/5. – S. 21-25. (Ukr.)
2. Bazhan K. V. Stan perekysnoho okyslennya lipidiv ta antyoksydantnoyi systemy v osib, yaki zaznali vplyvu ekstremal'nykh faktoriv // Lik. sprava. – 1998. – №8. – S. 47. (Ukr.)
3. Musiyenko O. Vplyv fizychnykh navantazhen' na vmist produktiv perekysnoho okysnennya lipidiv / O. Musiyenko, D. Sanahurs'kyu // Naukovyy visnyk L'viv un-tu. – 2000. – Vyp.26. – S.117–122. (Ukr.)
4. Povyshenie ustojchivosti organizma k naprjzhjonnoj myshechnoj dejatel'nosti putjom korekcii sostojaniya ego antioksidantnoj sistemy / V. L. Smul'skij, I. I. Zemcova, D. A. Sutkovej [i dr.]. // Nauka v olimpijskom sporte. – Spec. vyp. – S. 87–92. (Rus.)
5. Tkachenko N. Jeffektivnost' primenenija lipoevoj kisloty s uchjotom modulirujuwego vlijanija mocheviny na sostojanie antioksidantnoj sistemy // Nauka v olimpijskom sporte. – 1999. – № 1. – S. 97-102. (Rus.)
6. Treneva M. V. Sootnoshenie urovnja trevozhnosti, processov perekisnogo okislenija lipidov i aktivnosti nekotoryh fermentov u sportsmenov v ciklicheskih i aciklicheskih vidah sporta / M. V. Treneva, E. I. L'vovskaja // Teorija i praktika fizicheskoy kul'tury. – 2008. – №4. – S. 31-35. (Rus.)
7. Treneva M. Sostojanie processov lipidnoj peroksidacii u sportsmenov, zanimajuvihsja ciklicheskimi i aciklicheskimi vidami sporta / M. Treneva, E. L'vovskaja // Teorija i metodika fizicheskogo vospitanija i sporta. – K. – 2008. – № 3. – S. 75-79. (Rus.)
8. Treneva M. V. Vzaimosvjaz' mezhdju urovnem trevozhnosti i koncentraciej produk-tov perekisnogo okislenija lipidov u sportsmenov v ciklicheskih i aciklicheskih vidah sporta / M. V. Treneva, E. I. L'vovskaja // Mediko-biologicheskie i psihologicheskie aspekty fizicheskoy kul'tury i sporta : materialy Vseros. nauch. konf. – Spb. : Voennyj institut fizicheskoy kul'tury, 2007. – S. 116-120. (Rus.)

#### ВЛИЯНИЕ ЦИНКА НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ОРГАНИЗМЕ ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ

Ирина ГЛОЖИК

*Львовский государственный  
университет физической культуры*

**Аннотация.** С целью коррекции прооксидантно-антиоксидантного равновесия в организме при условиях интенсивных физических нагрузок, в последние десятилетия используются разнообразные фармакологические препараты с антиокислительными и сорбционными свойствами. Одним из таких препаратов есть хелат цинка – MEGA – Zn. В результате проведенных нами исследований установлено, что дополнительное употребление соединений цинка осуществляет ингибирующие влияние на процессы пероксидного окисления липидов в ор-

ганизме. Показано, что интенсивность влияния пропорциональна дозе данного микроэлемента. Кроме того, наблюдается тенденция к повышению интенсивности метаболизма глюкозы анаэробным путем.

**Ключевые слова:** тяжелоатлеты, пероксидное окисление липидов, гидропероксиды, антиоксидантная защита, лактат.

## THE INFLUENCE OF ZINC ON FOOD OF OXIDIZATION OF PEROXIDE OF LIPIDS IN THE ORGANISM OF WEIGHT-LIFTERS

Irina GLOZHYK

*Lviv State University of Physical Culture*

**Annotation.** On order to the balance the peroxidant-antioxidant equilibrium in an organism due to intense physical activities, in the last decades various pharmacological staff having antioxidantizing and absorbing properties have been used. One of such preparations is a chelate of zinc – MEGA Zn. According to the results of studies is set that the additional use of connections of zinc during 10 days caused inhibiting influence on the processes of oxidization of peroxide of lipids in an organism of weight-lifters. It is shown that intensity of influence was proportional to the dose of the microelements given. Except that there was a tendency to the increase of intensity of glucose metabolism in an anaerobic way.

**Key words:** weightlifters, peroxidativ of lipids, hidroperoxid, antioxidant defence, glutathione peroxidase, lactat.

*Стаття надійшла до редколегії 16.11.2011*