

УДК 612. 751: 577. 118: [613. 63+613. 73]

## ЗМІНИ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ДОВГИХ КІСТОК СКЕЛЕТА В УМОВАХ РЕАДАПТАЦІЇ ПІСЛЯ ВПЛИВУ СОЛЕЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І ДИНАМІЧНИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.

Анатолій ШЕПЄЛЄВ

*Сумський державний університет*

**Анотація.** У статті розглядаються результати експериментального дослідження мінерального складу довгих кісток після впливу екологічних чинників та фізичних динамічних навантажень. Під час проведення експерименту було встановлено, що після інтенсивних навантажень у кістках спостерігаються виражені компенсаторно - відновлювальні процеси, які тільки частково нормалізують хімічний склад кісткової тканини, а після помірних динамічних навантажень вміст макро- і мікроелементів у періоди ре-адаптації зберігає і підсилює явища поживлення метаболічних процесів у довгих кістках скелета. Таким чином, за допомогою дозованих занять фізичними вправами можна сповільнити й навіть зупинити процес демінералізації кісткової маси та відновити рівень тривкості кісток.

**Ключові слова:** динамічні фізичні навантаження, солі важких металів, довгі кістки скелета.

### **Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Мінеральні речовини є необхідними компонентами оптимального харчування для належного забезпечення організму людини неорганічними елементами. Вони беруть участь у побудові тканин, підтримці кислотно – основного й іонного складу, осмотичного тиску, нормалізації водно-сольового обміну тощо.

Особливу групу мінеральних речовин становлять мікроелементи, які входять до складу ферментів, гормонів, вітамінів та інших біологічно активних речовин як активатори, беруть участь у метаболізмі, тканинному диханні, процесах детоксикації, а також активно впливають на процеси кровотворення, окислювання – відновлення, проникність судин і тканин [4].

Для позначення всіх патологічних процесів, викликаних дефіцитом, надлишком або дисбалансом і мікроелементів, існує поняття мікроелементозів, які досить широко поширені не тільки в Україні, Росії, але й в усьому світі і призводять до розвитку різних, широко розповсюджених захворювань: анемії, остеопорозу, природжених вад серця, порушення функції щитоподіної залози, уповільнення фізичного і розумового розвитку [6, 8].

Загалом це свідчить про те, що обмін хімічних речовин між зовнішнім і внутрішнім середовищем організму є системоутворюючим чинником гомеостазу й становить великий інтерес для їхнього вивчення в медицині, фізіології й екології людини, фізичної культури.

Проблема мікроелементозів обумовлена несприятливою екологічною ситуацією, що склалася в нашій країні, особливо у великих промислових центрах. З одного боку, це підвищені концентрації важких металів у навколишньому середовищі, з другого боку – антропогенно й природньо обумовлені дефіцити життєво важливих мікроелементів, що викликають ті або інші фізіологічні й біохімічні порушення в нормальній життєдіяльності людини [5].

Результати досліджень деяких авторів [13], переконливо показали, що застосування фізичних вправ у випадках підвищеного вмісту важких металів значно підсилювало їхню елімінацію з організму. Для досягнення елімінаційного ефекту важливо, щоб такі фізичні навантаження призводили не тільки до підвищення температури тіла, а отже, посилення метаболічних процесів і потовиділення, але й сприяли активації видільної й захисної функцій різних органів.

Варто зазначити, що й самі фізичні навантаження можуть викликати істотні зміни мінерального обміну в організмі людей, що займаються спортом. Збільшення потреби

спортсменів у мінералах пов'язане з високою швидкістю метаболізму, що спостерігається як під час м'язової діяльності, так і при відновленні [7].

Частина проблем теорії і практики фізичного виховання не може бути вирішена методами, доступними при дослідженнях живої людини. Це означає необхідність експериментального моделювання фізичного стану організму на тваринах для екстраполяції отриманих даних [2].

Фізичні навантаження – біогенний чинник, тому ми можемо моделювати їхню дію на скелет в експериментах на тваринах. Можна говорити про існування „біологічного каркасу” інтегральної соціальності, і в цих рамках перенесення експериментальних даних на людину не тільки можливі, але здебільшого нічим іншим не може бути замінено [11].

Особливості чутливості клітин і тканин до споживання солей у людини і тварин однотипні, що має істотне значення для можливостей екстраполяції результатів експериментальних досліджень [12].

**Мета роботи** – вивчення відновлювальних процесів вмісту макро- та мікроелементів у великогомілковій кістці тварин після помірних та інтенсивних динамічних навантажень у умовах споживання надмірної кількості солей важких металів.

**Організація та методи дослідження.** Дослідження проведені на 126 білих щурах-самцях 4 місячного віку. Утримання тварин та експерименти проводилися відповідно до положень „Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей” (Страсбург, 1985), "Загальних етичних принципів експериментів на тваринах", які ухвалив Перший національний конгрес з біоетики (Київ 2001), Хельсинської декларації Генеральної асамблеї Всесвітньої медичної асоціації (2000). Піддослідні тварини були розділені на II серії – експериментальну і контрольну. Перша серія в залежності від дії екологічного чинника розбита на три групи.

Перша група експериментальних тренуваних тварин (36 щурів) отримували з питною водою солі цинку ( $ZnSO_4 \times 7H_2O$ ) – 0,5 мг/л та міді ( $CuSO_4 \times 5H_2O$ ) – 1 мг/л, що відповідає екології Ямпільського району Сумської області.

Друга група тренуваних тварин (36 щурів) упродовж місяця отримувала з питною водою солі марганцю ( $MnSO_4 \times 5H_2O$ ) – 0,1 мг/л, свинцю ( $Pb(CH_3COO)_2$ ) – 0,1 мг/л та міді ( $CuSO_4 \times 5 H_2O$ ) – 1 мг/л.), що відповідає екології Середино – Будського району Сумської області.

Третя група тренуваних тварин (36 щурів) протягом місяця отримувала з питною водою солі цинку ( $ZnSO_4 \times 7H_2O$ ) – 5 мг/л, хрому ( $K_2Cr_2O_7$ ) – 0,1 мг/л і свинцю ( $Pb(CH_3COO)_2$ ) – 0,1 мг/л, що відповідає екології Шосткинського району Сумської області.

II серія (18 щурів) – контрольна – нетреновані тварини, які отримували солі важких металів, притаманні кожному з перерахованих районів.

Всі щури експериментальної серії отримували динамічні фізичні навантаження помірного й інтенсивного характеру впродовж місяця.

Динамічні фізичні навантаження (ДФН) здійснювали у третбані [10] за методикою В. В. Алексєєва та В. І. Без'язичного [1]. Швидкість руху третбана становила 1,8 км/год. Навантаження подавалися поступово. Упродовж кількох днів щурів поміщали в третбан без надання навантажень для звикання до нового місцеперебування. Потім при помірних динамічних фізичних навантаженнях поступово з кожним днем збільшували час бігу від 1 до 5 хв. протягом місяця, а для інтенсивних навантажень біг тварин у третбані починався від 5 хв. до 20 хв.

Після закінчення експерименту щурів умертвляли через 1, 2 та 3 тижні, виділяли великогомілкові кістки. Вивчали хімічний склад кісток на атомному абсорбційному спектрофотометрі С-115М1 за загальноприйнятою методикою [3].

Визначали кількість кальцію, натрію, калію, магнію, міді, марганцю, цинку, свинцю.

Статистична обробка матеріалу була проведена за допомогою програми Excel та пакету програм Statistica 6.0 (Stat Soft, США) [9].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Через місяць після закінчення експерименту в умовах впливу екологічних чинників та інтенсивних динамічних навантажень відбувається підвищення вологості кісток й вмісту гідрофільних речовин, накопичення металів, що надходили зовні (цинк, мідь, свинець, хром), зменшення у кістках основних макроелементів (кальцій), що є безпосередньою причиною зменшення міцністних властивостей досліджуваних довгих кісток.

Так, стосовно контрольних тварин через тиждень вологість збільшується в першій групі на 13,99 %, у другій – на 15,09 %, у третій – на 12,74 %. Через два тижні відбувається зменшення цих даних, відповідно групам до 10,08 %, 9,60 %, 9,65 %. Через три тижні – до 5,19 %, 6,34 %, 7 %, відповідно.

У цей же термін після помірних навантажень у великогомілковій кістці порівняно з контролем вологість навпаки зменшується в першій групі на 5,0 %, у другій – на 3,76 %, у третій – на 7,39 %. Через два тижні різниця становить відповідно групам 8,59 %, 8,55 % та 10,21 %. Через три тижні – 11,80 %, 11,91 % та 14,87 %, відповідно.

У великогомілковій кістці кількість мінеральних речовин після інтенсивних динамічних навантажень порівняно з контролем в першій групі зменшується на 15,34 %, в другій – на 15,97 %, в третій – на 15,34 %. Через два тижні відповідно групам – на 10,71 %, 11,25 % та 11,49 %. Через три тижні – на 5,97 %, 7,20 %, 7,84 %, відповідно.

Після динамічних навантажень помірного характеру відбувається відновлення мінеральних речовин у великогомілковій кістці відповідно до груп через тиждень на 7,49 %, 7,25 %, 8,82 %. Через два тижні ці показники становлять 8,75 %, 9,00 %, 11,25 %. Через три тижні відбувається поліпшення цих показників у першій групі на 12,07 %, у другій – на 12,03 %, у третій – на 14,76 %, відповідно.

Після інтенсивних навантажень кількість кальцію у великогомілковій кістці через один тиждень щодо контролю зменшується на 12,90 % у першій групі, на 14,71 % – у другій, на 16,14 % – у третій. Через два тижні відповідно до груп – на 11,01 %, 11,03 % та 9,98 %; через три тижні – на 5,23 %, 7,25 % і 8,82 %, відповідно. Після помірних навантажень, навпаки, відбувається збільшення кальцію в кістці через один тиждень відповідно до груп – на 7,82 %, 7,00 % та 10,18 %. Через два тижні ці цифри становлять 9,80%, 10,01 % і 14,03 %, відповідно, а через три тижні в першій групі – на 15,22 %, у другій – на 16,70 %, в третій – на 18,06 %.

Кількість гідрофільних елементів після інтенсивних навантажень в великогомілковій кістці щодо контролю збільшується. Так, через один тиждень кількість натрію та калію зростає на 9,30 % і 10,39 % у першій групі, 11,10 % і 12,35 % – у другій, 12,15 % і 13,11 % – в третій групі. Через два тижні на 9,65 %, 9,05 %, 10,01 % і 10,45 %; 6,51 % і 5,69%, відповідно. Через три тижні відповідно до груп – на 5,40 % і 4,44 %, 7,12 % і 5,66 %; 6,29 % і 7,98 %.

Після помірних навантажень відбувається зменшення цих показників. Різниця в кількості натрію та калію у великогомілковій кістці через один тиждень становить у першій групі 3,88 % і 3,86 %, у другій 4,14 % і 4,04 %, у третій 5,67 % і 4,41 %; через два тижні відповідно до груп – 5,80 % і 5,36 %, 6,30 % і 5,99 %; 10,20 % і 8,08 %; через три тижні – 10,39 % і 8,16 %; 12,35 % і 8,73 %; 13,11 % і 10,09 % відповідно.

Кількість магнію у великогомілковій кістці щодо контролю після інтенсивних навантажень у першій групі зменшується на 16,31 %, у другій – на 16,43 %, у третій – на 19,23 %; через два тижні відповідно групам – на 11,08 %, 13,20 % та 14,22 %; через три тижні – на 4,85 %; 7,76 %; 8,07 %, відповідно. Після навантажень помірного характеру через тиждень кількість магнію в стегновій кістці збільшується на 3,72 % у першій групі, у другій – на 3,74 %, в третій – на 4,70 %; через два тижні – на 5,00 %, 4,61 %, 7,20 %; через три тижні ці дані значно покращилися відповідно групам на 7,89 %; 9,91 % та 11,42 %.

Кількість міді у великогомілковій кістці після тренувань інтенсивного характеру щодо контролю через тиждень збільшується на 9,56 % у першій групі, в другій групі – на 8,90 %, у

третій – на 6,92 %; через два тижні різниця становить 11,02 %, 11,21 %, 10,01 %; через три тижні – 4,68 %, 7,64 % та 5,37 %, відповідно.

Після помірних навантажень відмічено зменшення міді в великогомілковій кістці через тиждень відповідно до груп на 6,28 %, 5,96 %, 4,63 %; через два тижні – на 9,06 %, 9,00 % та 8,81 %; через три тижні – на 11,47 %, 12,66 %, 10,46 %.

У великогомілковій кістці стосовно контролю після інтенсивних тренувань відбувається збільшення свинцю. Через один тиждень – на 1,26 % у першій групі, на 11,86 % – в другій, на 11,22 % – у третій; через два тижні ці показники становлять 0,20 %, 9,43 %, 11,20 %; через три тижні відповідно до груп 0,59 %, 6,51 %, 8,08 %.

А через один тиждень після помірного навантаження кількість свинцю в кістці значно зменшується – на 0,36 %, 3,87 %, 7,44 %; через два тижні – на 0,10 %, 6,59 %, 7,03 %; через три тижні відповідно до груп – на 0,37 %, 8,08 %, 8,12 %.

Кількість цинку у великогомілковій кістці після інтенсивних тренувань щодо контролю через тиждень збільшується в першій групі на 12,54 %, в другій – на 11,07 %, а третій – на 10,61 %; через два тижні – на 10,00 %, 6,30 %, 8,98 %; через три тижні відповідно групам – на 6,01 %, 4,26 %, 5,76 %. Після тренувань помірного характеру через тиждень в кістці відбувається зменшення кількості цинку на 5,42 % в першій групі, в другій – на 7,92 %, а третій – на 6,72 %; через два тижні – на 6,47 %, 7,35 %, 8,01 %; через три тижні – на 8,89 %, 9,51 % та 11,84 %.

Після інтенсивних навантажень та впливу екологічних чинників в кістці відбувається збільшення кількості марганцю через один тиждень на 8,20 % у першій групі, у другій – на 9,13 %, у третій – на 9,45 %; через два тижні – на 6,35 %, 7,38 %, 7,51 %; через три тижні – на 4,30 %, 5,20 %, 6,01 %, відповідно. Після помірних навантажень кількість марганцю в кістці значно зменшується і становлять через один тиждень в першій групі 3,02 %, в другій – 4,08 %, в третій – 5,44 %; через два тижні – 8,99 %, 8,20 %, 9,03 %; через три тижні – 10,01 %, 11,03 %, 10,25 %, відповідно.

### Висновок

Після припинення тренувань тварин інтенсивними динамічними навантаженнями та впливу екологічних чинників через 1, 2, 3 тижні в кістках спостерігаються виражені компенсаторно – відновлювальні процеси, які тільки частково нормалізують хімічний склад кісткової тканини. Після помірних динамічних навантажень вміст макро- і мікроелементів у періоді реадaptaції зберігає і підсилює явища поживлення метаболічних процесів у довгих кістках скелета.

Таким чином, за допомогою дозованих занять фізичними вправами можна сповільнити й навіть зупинити процес демінералізації кісткової маси та відновити рівень тривкості кісток.

**Перспективи подальших досліджень.** У подальшому планується провести дослідження у напрямку вивчення інших проблем хімічного складу довгих кісток після динамічних та статичних фізичних навантажень в умовах забрудненого довкілля Сумського регіону.

### Список літератури

1. *Алексеев В. В.* Методика определения работоспособности мелких животных / В. В. Алексеев, В. И. Безъязычный // Материалы к макро – микроскопической анатомии. – Х. : Б. И. – 1969. – Е. 6. – С. 325 – 328.
2. *Алешин Е. В.* Мофофункциональное состояние организма студентов под действием физических нагрузок / Е. В. Алешин, Н. А. Добровольская, С. В. Латышев // Здоров'я та освіта: проблеми та перспективи: 1 Всеукраїнська наукова – методична конференція. – Донецьк, 2000. – С 316 – 318.
3. *Бабенко Г. А.* Визначення мікроелементів і металоферментів у клінічних лабораториях / Г. А. Бабенко. – К. : Здоров'я, 1968. – 138 с.

4. Борисова О. О. Питание спортсменов / О. О. Борисова // Учебно-методическое пособие. – СПб., Изд-во НП «Стратегия будущего», 2006. – 114 с.
5. Гінч О. В. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2000 році / [авт. тексту О.В. Гінч].- Суми.: Джерело, 2001. – 178 с.
6. Гичев Ю. П. Мир продуктов для здоровья / Ю. П. Гичев, Ю. Ю. Гичев.– Новосибирск, 2002. – 188 с.
7. Кулиненко О. С. Фармакологическая помощь спортсмену: Коррекция факторов, лимитирующих спортивный результат / О. С. Кулиненко. – М.: Советский спорт, 2006. – 240 с.
8. Концепция здорового питания / [Волгарев М. Н., Тутельян В. А., Княжев В. А., Рогов И. А.] // Вестник Российской Академии медицинских наук. – М. : Медицина, 1999. № 9. – С. 17-19
9. Лапач С. М. Статистичні методи в медико – біологічних дослідженнях із застосуванням Excel / С. М. Лапач, А. В. Чубенко, П. М. Бабич. – К. : Маріон, 2000. – 320 с.
10. Ласый Ю. Г, Устройство для моделирования динамических нагрузок в мелких лабораторных животных / Ю. Г Ласый, Я. И. Федонюк: А. с. 818573 СССР /– № 648210 / 21; Заявл. 21. 04. 81; Опубл. 14. 05. 82, Бюл. № 6. – 4 с.
11. Никитюк Б. А. Адаптация скелета спортсменов / Б. А. Никитюк, Б. И. Коган. – К. : Здоровья, 1989. – 128 с.
12. Слоним А. Д. Частная экологическая физиология млекопитающих / А. Д. Слоним – М. – Л.: АМН СССР, 1962. – 244 с.
13. Тхоревский В. И. Детоксикационная функция физических упражнений / В. И. Тхоревский, В. Д. Медведков., Н. И. Медведкова // Теория и практика физической культуры. 1997. № 4. – С. 26, 39-40.

## ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ДЛИННЫХ КОСТЕЙ СКЕЛЕТА В УСЛОВИЯХ РЕАДАПТАЦИИ ПОСЛЕ ВЛИЯНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ДИНАМИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

А. Шепелев

*Сумской государственной университет*

**Аннотация:** В статье рассматриваются результаты экспериментального исследования минерального состава длинных костей под влиянием экологических факторов и физических динамических нагрузок. Во время проведения эксперимента было установлено, что после интенсивных нагрузок в костях сохраняются компенсаторно – восстановительные процессы, которые только частично нормализуют химический состав костной ткани, а после умеренных динамических нагрузок содержания макро – и микроэлементов в период реадaptации сохраняется и усиливается активность метаболических процессов в длинных костях скелета. Таким образом, с помощью дозированных занятий физическими упражнениями можно сохранить и возможно остановить процес деминерализации костной массы и восстановить порог прочности костей.

**Ключевые слова:** динамические физические нагрузки, соли тяжелых металлов, длинные кости скелета.

CHANGES OF MINERAL STRUCTURE OF SKELETON LONG BONES  
IN CONDITONS OF RADIATION AFTER INFLUENCE  
OF HEAVY METALS SALTS AND DYNAMIC PHYSICAL LOADS

A. Shepelev

*Sumy State University*

**Annotation.** The article examines results of experimental research of bones mineral structure after influence of ecological factors and physical loads. It was determined that after dynamic medium loads the content of macro and microelements in the process of readaptation was kept and metabolic processes took place in the long bones of skeleton.

With help medium physical trainings it is possible to make slower or stop the process of bone mass demineralization and to restore bone strength level.

**Key words:** dynamic physical loads, long bones, salts of heavy metals.