

## МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ ПЛЕЧОВИХ КІСТОК У ТВАРИН З ВИРАЖЕНИМИ СТАРЕЧИМИ ЗМІНАМИ ПРИ ПОМІРНИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Давибіда Н. О.

Тернопільський державний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського

**Анотація.** Застосування єдиного методичного підходу і комплексу адекватних методів дослідження на великому однорідному експериментальному матеріалі дозволило виявити закономірності морфофункціональних перетворень структури довгих кісток тварин, що відбуваються в умовах різних режимів рухової активності в різних вікових групах. В свою чергу помірні фізичні навантаження є фактором стримування інволютивних змін у плечових кістках. У групі молодих тварин спостерігається сповільнення процесів звуження ширини росткової пластинки та збільшення активності остеобластів, що опосередковано проявлялося збільшенням розмірів кісток та їх структури в експериментальних тварин. У групі тварин з вираженими старечими змінами спостерігається помітне сповільнення демінералізації кістки. Встановлено, що ефект дії різних режимів рухової активності на процеси морфогенезу залежить від віку, а також інтенсивності і тривалості фізичних навантажень. Результати проведеного дослідження мають як теоретичне, так і практичне значення, оскільки вони дають методичну базу для вивчення адаптаційних перетворень у кістковій системі, визначення діапазону її перетворень. Експериментально підтверджена можливість прогнозування тренувальних вправ та цілеспрямованого використання дозованих фізичних навантажень з метою корекції структурних змін скелету залежно від віку.

**Ключові слова:** вік, інтенсивні, помірні динамічні фізичні навантаження, епіфізарний хрящ, діафіз.

**Аннотация.** Давыбида Н. А. Морфологические изменения плечевых костей у животных с выраженными старческими изменениями при умеренных физических нагрузках. Применение единого методического подхода и комплекса адекватных методов исследования на большом однородном экспериментальном материале позволило выявить закономерности морфофункциональных преобразований структуры длинных костей животных, происходящих в условиях различных режимов двигательной активности в различных возрастных группах. В свою очередь умеренные физические нагрузки является фактором сдерживания инволютивных изменений в плечевых костях. В группе молодых животных наблюдается замедление процессов сужения ширины ростков пластинки и увеличение активности остеобластов, косвенно проявлялось увеличением размеров костей и их структуры у экспериментальных животных. В группе животных с выраженными старческими изменениями наблюдается заметное замедление деминерализации кости. Установлено, что эффект действия различных режимов двигательной активности на процессы морфогенеза зависит от возраста, а также интенсивности и продолжительности физических нагрузок. Результаты проведенного исследования имеют как теоретическое, так и практическое значение, поскольку они дают методическую базу для изучения адаптационных преобразований в костной системе, определения диапазона ее преобразований. Экспериментально подтверждена возможность прогнозирования тренировочных упражнений и целеспрямованого использования дозированных физических нагрузок с целью коррекции структурных изменений скелета зависимости от возраста.

**Ключевые слова:** возраст, интенсивные динамические физические нагрузки, умеренные динамические физические нагрузки, эпифизарный хрящ, диафиз.

**Abstract.** Davibida N. Morphological changes of humeral bones at animals with the expressed senile changes at moderate physical loadings. Application of unique methodical approach and complex of adequate methods of research on large homogeneous experimental material allowed to find out conformities to the law of morpho-functional transformations of structure of long bones of animals which take place in the conditions of the different modes of motive activity in the different age groups. The moderate physical loadings are the factor of inhibition of involutive changes in humeral bones. In the group of young animals the processes of narrowing of plate and multiplying activity of osteoblasts were observed, that mediated showed up multiplying the sizes of bones and their structure at experimental animals. In the group of animals with the expressed senile changes inhibition of mineralization of bone is noticed. It is set that the effect of action of the different modes of motive activity on the processes of morphogenesis depends on age and also intensity and duration of the physical loadings. The results of the conducted research have both theoretical and practical value, as they give a methodical base for the studding of transformations of adaptations in the bone system, determination of range of its transformations. Experimentally confirmed possibility of prognostication of training exercises and dosed physical loadings with the purpose of correction of structural changes to the skeleton depending on age.

**Key words:** age, intensive dynamic physical loadings, moderate dynamic physical loadings, epiphysial cartilage, diaphysis.

**Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з традицій, що склалися у вітчизняній анатомії, є поглиблене вивчення взаємовідношень між будовою органа та його функ-

ціями. Особливе місце у дослідженнях з функціональної анатомії приділяється опорно-руховому апарату, на прикладі котрого особливо чітко проявляється взаємозв'язок форми і функції. Кісткова тканина в цілому та зокрема кістка як орган вивчаються вже достатньо тривалий час такими відомими вітчизняними

вченими, як П. Ф. Лесгафтом (1880–1905) та його школою, а в подальшому Д. Г. Рохліним (1936), В. В. Бунаком (1954), М. Ф. Іваницьким (1956, 1961), В. Г. Касьянченком (1956), М. Г. Прівесом (1959), Д. Л. Ждановим (1965), В. Г. Ковешніковим (1984), Я. І. Феданюком (1990–1995) та багатьма іншими. Були сформувані основні постулати, що пояснювали теорію життєдіяльності та перебудови кістки, умови і фактори її формування під дією різних чинників. Однак ще не всі елементи росту і розвитку кістки вивчені достатньо до теперішнього часу. Існує постійна необхідність виявляти і пояснювати нові закономірності, доводити та класифікувати експериментальні факти в чітку систему знань, що узгоджується з сучасними знаннями та біологічними принципами.

Не викликає сумніву той факт, що важливим фактором формування скелета є його механічна навантаженість. Однак було б спрощенням однозначно представляти зв'язки між ступенем механічного навантаження і активністю кісткоутворення і резорбції. Оскільки міцність кістки тісно корелює з її масою та правильним співвідношенням у кістці мінерального та органічного компонента, особи з низькою кістковою масою формують групу ризику з більшою імовірністю виникнення переломів, розвитку остеопенії і також остеопору [2–5; 7]. Вивчення закономірностей пристосування організму до дії різних режимів рухової активності має не тільки теоретичне, а й практичне значення для медицини, фізичної культури і спорту [1; 6; 8].

Робота виконана в межах комплексної науково-дослідної теми Тернопільського державного медичного університету імені І. Я. Горбачевського «Вторинний остеопороз: патогенетичні механізми формування та прогресування, клініко-інструментальні та біохімічні маркери ранньої діагностики, профілактики і лікування», частиною якої є науково-дослідна робота кафедри анатомії людини «Вивчення коригуючих факторів на перебіг експериментального остеопору. Вплив обезводнення організму, різних режимів рухової активності на структуру довгих кісток та нирок і фізичного розвитку в залежності від впливу вегетативного статусу».

**Мети роботи:** в умовах експерименту виявити закономірності змін росту, формування та хімічного складу довгих кісток тварин старечих вікових груп за дії на організм динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності.

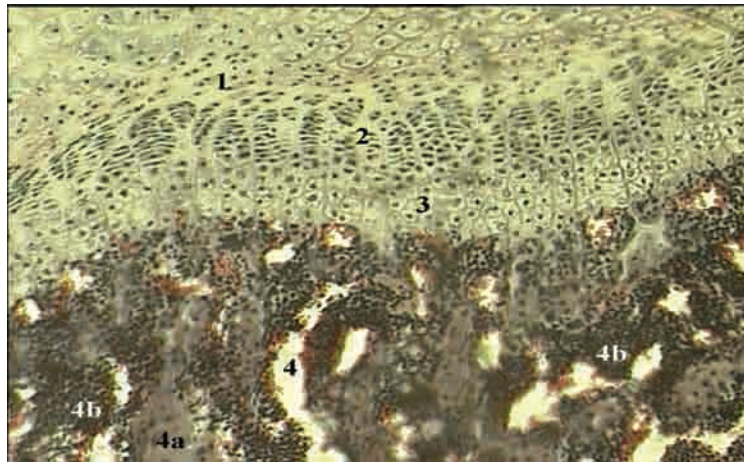
**Матеріали та методи.** Для вирішення поставлених задач був проведений експеримент на білих безпородних лабораторних щурах-самцях. Усі тварини були поділені на три вікові групи – (молоді щури) 60-днів, (зрілі щури) 140-днів, і (тварини з вираженими старечими змінами) 560-днів. Моделлю фізичного навантаження служив біг тварин у тредбані. В наших дослідках ми розділили динамічні фізичні навантаження на помірні та інтенсивні. У залежності від індивідуальних швидкісних якостей щурі комплектувалися у групи по 6 тварин. Після певного періоду тренування протягом 20, 40, 60-ти днів тварини виводилися з експерименту шляхом декапітації під ефірним знечуженням. Матеріалом для подальших досліджень служили плечові кістки, де вивчалась проксимальний та дистальний епіфізарний хрящ і середина діафізу. У нашому експерименті використовувалися методи: мацерація,

скелетування, морфометричні, гістологічні, кількісний хімічний аналіз. Одержаний у результаті експерименту цифровий матеріал був статистично оброблений з використанням критерію Ст'юдента на персональному комп'ютері за допомогою ліцензійної програми Microsoft Excel.

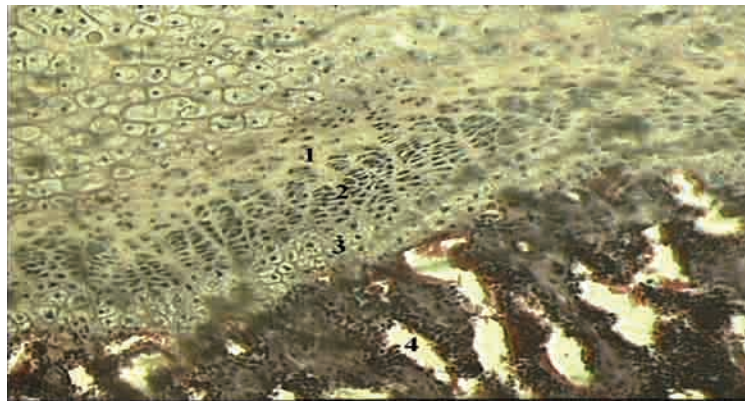
Виклад основного матеріалу дослідження. Плечова кістка у старечих тварин, які отримували помірні фізичні динамічні навантаження, характеризується дещо вищими показниками при остеометрії, ніж у контрольній групі тварин цього ж віку. Однак більшість із цих показників є незначними і відхилення не перевищують 2 %. Лише ширина дистального епіфіза плечових кісток у тварин старечої групи за 60 тренувальних днів стала більшою за контроль на 16, 18 %. Гістологічне дослідження епіфізарної хрящової пластинки росту плечових кісток щурів виявляють типову структуру. Більшість препаратів містять ділянки з заокругленими стовпцями хондроцитів. Зональність росткової пластинки добре виражена. Клітини проліферативної та дефінітивної зон містять темне ядро, що займає значний об'єм клітини. Зона індіферентного хряща, як правило, сформована ізогенними групами клітин, що розміщуються у спільній комірці. Епіфізарна границя в центральних відділах нерівномірно зазублена, контактує з кістковими пластинками або комірками губчастої речовини, що заповнені клітинами кістково-мозкової речовини. У периферичних відділах вона без розривів та включень плавно переходить у пластинку суглобового хряща (рис. 1а).

Помірні динамічні навантаження дещо активують проліферативні процеси в епіфізарній пластинці та сповільнюють фізіологічні інволютивні зміни у ній. При гістологічних дослідженнях спостерігаємо фігури мітозів у різних площинах у зоні розмноження клітин. Однак ширина зони проліферативних клітин лише не достовірно більша за контроль. При порівнянні гістопрепаратів епіфізарної хрящової пластинки у щурів на початку експерименту і при його завершенні стає помітним зменшення кількості проміжної речовини поміж колонками хондроцитів і таким чином клітинні колонки наближуються одна до одної (рис. 1б). Звертає на себе увагу також нерівномірність розташування та неоднорідність клітин у зоні руйнування. Клітини, що руйнуються, втрачають ядра та елементи цитоплазми і ближче до діафізарного краю мали б перебувати хондроцити із лізованою цитоплазмою. Однак, через різну швидкість метаболічних процесів у клітинах старих щурів, досить часто біля губчастої речовини опиняються клітини, які ще не втратили структурних елементів цитоплазми. На 60-й день експерименту хрящова пластинка виглядає «активною», у зоні розмноження хрящових клітин легко можна відшукати клітини з мітозами поперечного. Наступна зона деструкції значно світліша внаслідок руйнування каріоплазми хондроцитів. Добре виражені сполучнотканні стінки, що продовжуються у трабекули губчастої речовини діафіза. Зону первинного остеогенезу не завжди можливо диференціювати. Зонами активних остеосинтетичних процесів є місця розташування остеобластів.

Поблизу пластинки хряща губчаста речовина метафіза крупнокімчаста. Відбувається звапнення новоутвореної кісткової тканини, яка є найбільш зрілою біля кістково-мозкового каналу. З боку епіфіза вона утворює стінку кістково-мозкової порожнини у вигляді



а



б

**Рис. 1. Повздовжній зріз через проксимальний епіфізарний хрящ плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які отримували помірні динамічні навантаження (забарвлення за Ван-Гізеном. Об. 8, ок. 10): а – протягом 20-ти днів експерименту: 1 – зона індиферентного хряща з ізогенними групами хондроцитів; 2 – зона проліферації; 3 – зона деструкції; 4 – губчаста речовина діафіза; 4а – кістково-хрящові трабекули губчастої речовини; 4б – клітини кісткового мозку в комірках; б – протягом 40 днів експерименту: 1 – зона індиферентного хряща межує з суглобовим хрящем; 2 – зона проліферації; 3 – зона деструкції; 4 – губчаста речовина**

зубців. На гістологічних препаратах видно ніші резорбції на поверхні кісткових трабекул поблизу кістково-мозкової порожнини. Вони, як правило, містять один або два остеокласта та декілька остеобластів біля своїх берегів. Морфометричні дослідження епіфізарної хрящової пластинки вказують на незначні та недостовірні її структурні зрушення. У старечих тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 20-ти, 40-ка та 60-ти днів, ширина епіфізарного хряща коливалася дещо вище (в межах одного відсотка) за контрольні показники. Аналогічна морфометрична тенденція спостерігалася при вивченні зони проліферуючих клітин. Ширина зони дефінітивного хряща зменшується у всіх серіях експерименту (20, 40 та 60 днів) на 0,14 %, 0,10 % та 0,63 % відповідно. У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 20-ти днів, об'єм загальної спонгіозії збільшується на 45,17 %, а об'єм первинної спонгіозії – лише на 4,40 %. У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 40 і 60-ти днів, об'єм загальної спонгіозії більший за контроль на 51,92 % та 74,04 %, а об'єм первинної спонгіозії більше за контрольні дані на 7,02 % і 14,40 %, відповідно.

Регулярні помірні рухові навантаження підвищують метаболізм кісткової тканини, про що свідчить краща мінералізація плечових кісток. За весь період експерименту процентний склад мінеральних речовин у кістковій тканині постійно підвищувався і став вищим за контрольні дані на 19,47 %. Серед окремих складових мінеральної насиченості кістки відзначили достовірне збільшення кількості кальцію та фосфору (відповідно на 7,62 та 8,23 % вище за контрольні показники на 60-й день експерименту), натрію та калію побільшало на 11,53 % та 8,47 % відповідно за цей же період. Стабільно активно зростають показники вмісту мікроелементів у тканині плечової кістки. Так, за 20 днів помірних фізичних навантажень концентрація магнію збільшилася на 17,77 %, марганцю – на 4,41 %, міді – на 6,96 %, цинку та заліза побільшало на 8,08 та 4,76 % відповідно. За 60 днів помірних тренувань магнію, марганцю, міді, цинку та заліза вже було більше відповідно на 23,89, 9,67, 19,08, 13,43 та 6,87 %. Різниця у показниках насичення кісткової тканини свинцем між контрольними та експериментальними тваринами не виходила за межі статистичної похибки.



**Висновки.** Помірні фізичні навантаження є фактором стримування інволютивних змін у плечових кістках. У групі тварин з вираженими старечими змінами помітно сповільнення демінералізації кістки. Встановлено, що ефект дії різних режимів рухової активності на процеси морфогенезу залежить від віку, а також інтенсивності і тривалості фізичних навантажень. Експериментально підтверджена можливість прогнозування тренувальних вправ та цілеспрямованого використання дозованих фізичних навантажень з метою корекції структурних змін скелета залежно від віку.

**Перспективи подальших розвідок у даному напрямі.** Результати проведеного дослідження мають як теоретичне, так і практичне значення, оскільки вони дають методичну базу для вивчення адаптаційних перетворень у кістковій системі, визначення діапазону її можливостей, прогнозування тренувальних процесів та цілеспрямованого проведення заходів, спрямованих на корекцію морфо-функціональних змін скелета в залежності від виду, тривалості і характеру рухової активності та прогнозувати можливості даного організму до різних фізичних навантажень без шкідливих наслідків для останнього.

#### Література:

1. Борковський В. В. Морфогенез довгих трубчастих кісток при динамічних навантаженнях після гіпокінезії / В. В. Борковський // Наукові записки з питань медицини, біології, хімії, аграрії та сучасних технологій навчання. – Київ, 1997. – В. 1, ч. 1. – С. 83–84.
2. Булич Э. Г. Современные достижения науки о здоровье / Э. Г. Булич // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 1. – С. 62–63.
3. Карпова И. Б. Фізична культура та формування здорового способу життя : [навч. посібник] / И. Б. Карпова, В. Л. Корчинський, А. В. Золотов. – К. : КНЕУ, 2005. – 104 с.
4. Никитушкин В. Г. Тренировочные и соревновательные нагрузки юных бегунов на средние дистанции / В. Г. Никитушкин, С. В. Рожков // Вестник спортивной науки. – 2007. – № 4. – С. 19–21.
5. Формирование остеопоротических сдвигов в структуре костной ткани / [А. С. Аврунин, Н. В. Корнилов, А. В. Суханов, В. Г. Емельянов.] – СПб. : Ольга, 1998. – 68 с.
6. Calcium intake and fracture risk : results from the study of osteoporotic fractures / [R. G. Cummings, S. R. Cummings, M. C. Nevitt et al.] // Am. J. Epidemiol. – 1997. – Vol. 145, № 10. – P. 926–934.
7. Osteogenese beim hypokinetischen syndrome / [O. M. Dovgan, Y. I. Fedonyuk, J. T. Weleschtchuk et al.] // Проблеми екології в медицині : міжнарод. конф., посвященної 100-літтю со дня народження проф. Н. В. Попової-Латкиної : [матеріали конф.] – Астрахань, 1996. – P. 62.
8. Physical activity and hip fracture: a population – based case – control study / [B. Y. Farahmand, P. G. Persson, K. Michaelsson et al.] // Int. J. Epidemiol. – 2000. – Vol. 29, № 2. – P. 308–314.