

Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток щурів із вираженими старечими змінами при динамічних інтенсивних фізичних навантаженнях

Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського (м. Тернопіль)

Постановка наукової проблеми та її значення. Кістка не завжди була цікавим об'єктом дослідження й лише в останні десятиріччя активно почала вивчатися.

Але до сьогодні дослідження кісток скелета не втратило своєї актуальності. Змінюються умови життя людини, навколишнього середовища, харчування, з'являються нові види спорту, про вплив яких на організм нічого невідомо. Однак умови та спосіб життя впливають на ріст і розвиток кісток. Кісткова система є складною та водночас лабільною у функціональному й морфологічному відношеннях. Вона реагує на різні внутрішні та зовнішні фактори. Її поліфункціональність визначає первинну складність у вивченні функціональної морфології опорно-рухового апарату. Учені-остеологи вивчали механізм росту, синтезу й резорбції органічного матрикса, осифікації, декальцинації та біомеханічні характеристики кістки. Незважаючи на те, що в сучасній літературі є достатньо даних, присвячених впливу фізичних навантажень динамічного характеру на ріст і розвиток довгих кісток, це питання потребує дослідження.

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

Завдання дослідження – в умовах експерименту виявити закономірності змін росту, формоутворення та хімічного складу довгих кісток тварин старечих вікових груп за дії на організм динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності.

Матеріали та методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань проведено 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 третбані. У досліді ми розділили динамічні фізичні навантаження на помірні та інтенсивні. Залежно від індивідуальних швидкісних якостей щурів комплектували в групи по шість тварин. Після певного періоду тренування протягом 20, 40, 60 днів тварин виводили з експерименту через декапітацію під ефірним знечуленням. Матеріалом для подальших досліджень служили плечові кістки, де вивчали проксимальний та дистальний епіфізарний хрящі та середина діафізу. В експерименті використовували методи мацерації, скелетування, морфометричні, гістологічні, кількісного хімічного аналізу. Одержаний у результаті експерименту цифровий матеріал був статистично оброблений із використанням критерію Ст'юдента на персональному комп'ютері за допомогою ліцензійної програми Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Проведена остеометрія плечових кісток тварин із вираженими старечими змінами та статистична обробка цифрових даних не виявила помітних відхилень у розмірах кісток між контрольною групою та експериментальними тваринами, яких піддавали регулярним тренуванням з інтенсивними динамічними навантаженнями. За 60 експериментальних днів максимальна довжина кістки, ширина проксимального та дистального епіфізів, розміри середини діафізів залишилися в межах похибки контрольних тварин. Однак мікроскопічна картина структурних складових указує на їх активну перебудову. При гістологічному вивченні епіфізарних хрящів виявлено порушення їх типової структури. Звертає на себе увагу зменшення клітинних елементів у зоні індіферентного хряща та редукція зони первинного остеогенезу в ростковій хрящовій пластинці плечової кістки. Хрящова метаепіфізарна пластинка звужена, активність клітин зони розмноження різко пригнічена. Спостерігається фокальне збільшення

об'єму проміжної речовини поміж окремими колонками хондроцитів, що порушує повздовжнє розміщення хондроцитів і формування колонкоподібної структури. У таких місцях кінці колонок закругляються або переривається інтерстицієм і клітини утворюють острівцеподібні зони. Самі ж клітини зон переважно перебувають у стані функціонального ступору.

Продовження експерименту інтенсивних динамічних навантажень над тваринами старечого віку веде до посилення деструктивних змін у хрящовій тканині пластинки росту. Продовжується збільшення площі проміжної речовини, що особливо помітно в зоні індіферентного хряща. Вона витісняє клітини хряща в зоні спокою та вклинюється в зону розмноження. Активно розширюється зона деструктивних клітин, захоплюючи зони росту та проліферації.

Також спостерігаються зміни зі сторони ядра – зменшення його розмірів аж до повного зникнення в окремих клітинах. Клітини зони деструкції великі, гіпохромні, часто без'ядерні. У губчастій частині діафіза спостерігаються ознаки активних руйнівних змін: кісткові балки стоншені, комірочки великі, остеобласти поодинокі в полі зору. Процес руйнування активно просувається в сторону епіфізарного хряща, що особливо помітно в останні строки експерименту. На препаратах трапляються ділянки із повністю втраченими типовими зонами росткової пластинки. Морфометричні дані епіфізарного хряща не є настільки ж показові, як гістологічна картина, що, очевидно, пов'язано з мінімальною ростовою та метаболічною активністю цих структур у старечому віці. Остання представлена дрібними хондроцитами з невеликими ядрами, ознаками анізоцитозу та відсутністю мітотичної активності. Клітини зібрані в нахилені стовпчики, котрі орієнтовані вздовж кістки.

Однак високі обмінні процеси, що відбуваються в губчастій частині плечової кістки, та їх відображення в морфометричних показниках дають змогу з більшою інформативністю прослідкувати зміни між контрольними й експериментальними групами тварин. Об'єм загальної спонгіози у тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження протягом 20 днів, зменшився на 5,20 %, а об'єм первинної спонгіози – на 4,90 %. 40 і 60 днів інтенсивних тренувань зумовили зменшення об'єму загальної спонгіози на 4,72 % та 6,58 %, відповідно; різниця об'єму первинної спонгіози між контролем та експериментом за відповідні періоди становила 20,31 і 21,17 %. Активні резорбтивні процеси відобразилися на показниках глибини проникнення хрящової тканини в кістково-мозковий канал у старечих тварин, які отримували протягом 20 днів інтенсивні динамічні навантаження. На 20-й, 40-й та 60-й день експерименту дефіцит величини, порівняно з контролем становив 10,51 %, 35,59 % і 35,02 %, відповідно. Значні зміни відзначають при підрахунку остеобластів на трабекулах губчастої речовини кістки. За час експерименту їх кількість прогресивно зменшувалася й становила відносно контролю – 18,34 % на 20-й день, – 24,78 % – на 40-й день та – 41,22 % – на 60-й день експерименту. Гістологічно в компактній речовині діафіза спостерігають нечіткі межі її зон й численні судинні канали як поздовжнього, так і поперечного напрямку. Діаметри каналів остеонів збільшені, у них містяться лакуни, що спричинені резорбцією остеобластами. Досить часто лакуни є порожніми. Деякі порожнини резорбції займають площу в 1–2 остеони. Тривалість експерименту з інтенсивними фізичними навантаженнями посилює негативні зрушення в кістках. Просвіт гаверсового каналу більшості остеонів складає понад одну четверту їх діаметра, що свідчить про переважання процесів резорбції над кісткоутворенням і призводить до значної порозності компактної речовини кістки. Лінії цементції набули надзвичайної виразності, розкидані по всій площі компактної речовини, часто відділяють новоутворену кісткову тканину. Остеоїд домінує по всій площі діафіза. Його насиченість мінеральними солями, а точніше – ненасиченість, визначає хроматофільність утвореної ним ділянки. Діафіз став строкатим. Вища форма організації кісткової тканини – пластинчаста кістка – набула примітивного сітчастого та грубоволокнистого вигляду. Структуризація діафіза на шари є досить умовною. Морфометричні дослідження свідчать про зменшення розмірів більшості структур компактної речовини кістки.

При тренуванні щурів інтенсивними фізичними динамічними навантаженнями різко погіршується водно-сольовий баланс плечових кісток. За час експерименту дегідратація кісток зменшилася – на 33,67 %, демінералізація – 29,04 %. Експеримент інтенсивних динамічних тренувань на старих щурах негативно позначився на вмісті в кістках усіх досліджуваних нами мінеральних елементах. Уміст макроелементів стабільно прогресивно знижувався протягом усього експерименту та вже через 20 експериментальних днів концентрація в кістках кальцію, фосфору, натрію й калію була меншою за контроль, відповідно, на 9,41 %, 14,87 %, 13,08 % і 2,13 %. У кінці експериментального періоду дефіцит макроелементів у плечових кістках був таким: кальцію – 30,41 %, фосфору – 35,29 %, натрію – 36,19 % та калію – 28,31 %. Динаміка втрат остеотропних мікроелементів була ще стрімкішою. Якщо в перший період досліджень (20 днів експерименту) магнію було менше за контрольні показники на 14,18 %, марганцю – на 19,62 %, міді – на 13,39 %, цинку – на 25,67 %, заліза – на 10,32 %, то за 60 днів експе-

риментального періоду дефіцит магнію сягнув 27,99 %, марганцю – 30,07 %, міді – 49,10 %, цинку – 51,30 %, заліза – 53,44 %. Виведення свинцю з кісткової тканини було не таким активним і протягом усього експерименту різниця між контрольними та експериментальними показниками була в межах 4,57–23,75 %.

Висновки. Підсумовуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що при динамічних навантаженнях усі критерії мають позитивні тенденції та зміни. 60 експериментальних днів із примусовими інтенсивними динамічними навантаженнями тварин старечого віку призводять до порушення гомеостазу на всіх рівнях організації кісткової тканини плечової кістки й суттєво погіршують її морфометричні та хімічні показники.

Список використаної літератури

1. Федонюк Я. И. Адаптационно-реадаптационные преобразования в костях скелета при различных режимах двигательной активности / Я. И. Федонюк, Е. М. Довгань, Я. Т. Велещук // Актуальні питання діагностики та профілактики захворювань людини : 1-ша міжнар. комп'ют. конф. : тези доп. – Тернопіль, 1994. – С. 31.
2. Аксенова Н. Повышение уровня двигательной активности и дозировка физической загрузки на физкультурных занятиях / Н. Аксенова // Дошкольное воспитание. – 2000. – № 6. – С. 37–48.
3. Боймиструк І. І. Вплив помірних статичних фізичних навантажень на хімічний склад довгих кісток пацюків – мезотоніків / І. І. Боймиструк, Я. І. Федонюк // Вісник морфології. – 2003. – № 2. – С. 307–308.
4. Кладченко Л. Я. Возрастные изменения компонентов органического матрикса губчатой и компактной костной ткани / Л. Я. Кладченко, Г. В. Иванов, Ю. Ю. Селина // Таврический медико-биологический вестник. – 2004. – Т. 7. – № 4. – С. 234–236.
5. Ковешников В. Г. Костные ткани / В. Г. Ковешников. – Луганск : [б. и.], 2002. – 134 с.
6. Меліков О. Я. Рухова активність як необхідна умова здорового способу життя. Реалізація здорового способу життя – сучасні підходи : монографія / О. Я. Меліков, Л. В. Лукаш ; [за заг. ред. М. Лук'яненка, А. Матвеева, А. Подольски, Ю. Шкрєбтія]. – Дрогобич : Коло, 2007. – С. 221–222.
7. Сикора В. З. Морфологические показатели эпифизарного хряща большеберцовой кости крыс в возрастном аспекте / В. З. Сикора, Л. И. Киптенко, В. И. Каваре // Вісник морфології. – 2003. – № 9 (2). – С. 236–238.

Анотація

Застосування єдиного методичного підходу й комплексу адекватних методів дослідження на великому однорідному експериментальному матеріалі дало змогу виявити закономірності морфофункціональних перетворень структури довгих кісток тварин, що відбуваються в умовах різних режимів рухової активності в різних вікових групах. Інтенсивні фізичні навантаження викликають сповільнення росту та остеокластичну резорбцію плечових кісток і їхніх структурних елементів у тварин молодого та зрілого віку. У тварин із вираженими старечими змінами спостерігаються значні деструктивні зрушення в усіх відділах плечових кісток. Морфометричні методи дослідження дають підставу стверджувати про максимальні рушійні зміни кісток у групі старих тварин і мінімальні – у тварин зрілого віку.

Ключові слова: плечова кістка, вік, інтенсивні, динамічні фізичні навантаження, епіфізарний хрящ, діафіз.

Н. Давыбида. Динамика структурно-метаболических изменений лечевых костей крыс с выраженной старческих изменений при динамических интенсивных 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. Интенсивные физические нагрузки вызывают замедление роста и остеокластической резорбции плечевых костей и их структурных элементов у животных молодого и зрелого возраста. У животных с выраженными старческими изменениями наблюдаются значительные деструктивные сдвиги во всех отделах плечевых костей. Морфометрические методы исследования позволяют утверждать о максимальных движущих изменениях костей в группе старых животных и минимальных – у животных зрелого возраста.

Ключевые слова: плечевая кость, возраст, интенсивные динамические физические нагрузки, эпифизарный хрящ, диафиз.

N. Davybyda. Dynamics of Structure-Metabolic Changes of Humeral Bone Among Rats with Evident Gerontal Changes in Case of Dynamic Intensive Physical Loads. Applying of one methodological approach and complex of adequate methods of research on big homogeneous experimental material let us find out regularity of morphofunctional changes of structure of animals long bones that occur under conditions of different regimes of motor activity in different age groups. Intensive physical loads provoke growth impairment and osteoclastic resorption of humeral bones and their structural elements among animal of young and senior age. It was noticed that animals with evident gerontal changes have severe destructive changes in all parts of humeral bones. Morphometric methods of research let us state about maximal motor changes of bones in the group with old animal, minimal changes among animals of mature age.

Key words: humeral bone, age, intensive dynamic physical loads, epiphyseal cartilage, diaphysis.