

УДК: 611.711.-02:612.766.1

## ВПЛИВ АДАПТАЦІЇ ТА ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА СТРУКТУРНІ ЗМІНИ В ДОВГИХ ТРУБЧАСТИХ КІСТКАХ ПРИ ГІПОКІНЕЗІЇ

Довгань О.М., Головацький А.С., Мицкан Б.М., Федонюк Я.І.

Тернопільська державна медична академія ім. І.Горбачевського, м. Тернопіль; Ужгородський національний університет, м. Ужгород; Прикарпатський університет ім. В.Стефаника, м. Івано-Франківськ

**Ключові слова:** довгі трубчасті кістки, структура, гіподинамія, адаптація

**Вступ.** Розвиток науки і техніки за останнє століття суттєво вплинув на рухову активність людини. Автоматизація і механізація виробництва, специфічні умови тривалого перебування деяких категорій людей в обмеженому просторі привели до того, що гіпокінезія стала супутником переважної більшості людей. Тому профілактика обмеження рухової активності стала важливою медичною і соціальною проблемою [1, 4, 5, 7, 9]. Але з'явилися ряд професій і видів олімпійського та професійного спорту, які вимагають від людини значних фізичних навантажень.

Тому вивчення закономірностей пристосування організму до дії різних режимів рухової активності має не тільки теоретичне, але й практичне значення для сучасної медицини і спорту [2, 3, 6, 8]. Фізіологами досить повно вивчені функціональні аспекти впливу на організм різних режимів рухової активності, але недостатньо досліджені особливості формування структурного сліду адаптації. Зокрема, важливим є питання адаптації кісткової системи до змін рухової активності організму [3, 7, 8, 9].

Кісткова система є одним із видів сполучної тканини, що постійно змінюється, в ній відбуваються безперервні процеси проліферації і диференціації клітин, що забезпечують метаболічну і структурну основу кісток. Кісткова система має велику чутливість до змін факторів зовнішнього середовища, зокрема, до змін рухової активності організму [1-3, 7-11].

Тому метою даної роботи стало дослідження закономірностей морфологічних перетворень у довгих трубчастих кістках скелету експериментальних тварин, адаптованих до фізичних навантажень при гіпокінезії.

**Матеріал та методи.** Дослідження проведено на 184 білих щурах-самцях двомісячного віку. Моделювали фізичні навантаження динамічного та статичного виду, помірного і інтенсивного характеру. Динамічні навантаження проводили в третбані (свідोцтво на винахід за № 818573), а статичні - на вертикальних жердинах (свідоцтво на винахід за № 1933305) наших конструкцій. Гіпокінезія моделювалась в індивідуальних клітках-касетках. Тварин після певного виду фізичних навантажень (динамічних, статичних у

помірному та інтенсивному режимі) утримували в умовах гіпокінезії. Вивчали довгі трубчасті кістки, використовуючи остеометрію за Duerst, фарбування гістологічних зрізів гематоксилин-еозином та за Ван-Гізон; морфометрію діяфіза та епіфізів кісток за Автанділовим. За нашим методом визначили площу структур та кількісні параметри їх елементів. Отримані цифрові показники статистично вираховувались на комп'ютері з визначенням середнього значення, похибки середньої арифметичної, середньоквадратичного відхилення, коефіцієнтів кореляції та визначали вірогідність за Стьюдентом.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Під впливом гіподинамії у довгих трубчастих кістках скелету білих щурів чітко визначається "розрідження" губчастої речовини (явище остеопорозу): кісткові балки стають більш тонкими, їх шари слабо виражені, міжбалкові простори заповнені червоним кістковим мозком, який пронизується у різних напрямках жировою і ніжноволокнистою сполучною тканиною, остецити відносно малі з гіперхромними ядрами і мають видовжену форму (Рис. 1).

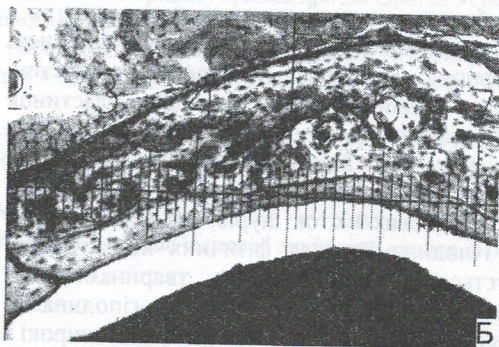
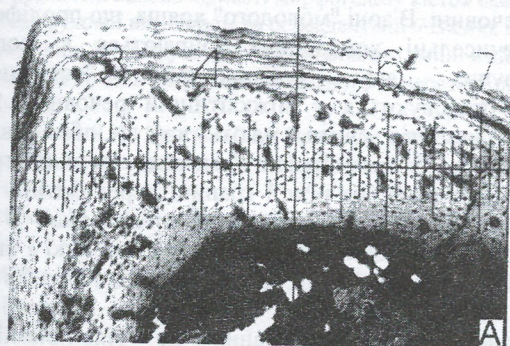


Рис. 1. Губчаста речовина великої гомілкової кістки інтактного білого щура (А) і при гіподинамії (Б).  
Забарвлення гематоксилін-еозином. Зб.: об. 8, ок. 10.

В умовах гіподинамії зона епіфізарного хряща звужена. З зоні "спокійного" хряща відносно збережена архітектоніка клітин. В зоні проліферуючого і "зрілого" хряща хондроцити стають більш плоскими, формуються в ізогенні групи, які розділені міжклітинною речовиною. Ці

клітини мають полігональну форму і відносно невеликі ядра. Зона "зрілого" хряща виражена краще, клітини круглі з маленькими ядрами і відносно великим об'ємом цитоплазми з дрібною зернистістю. Відсутні чіткі границі з кальціфікуючою і осифікуючою зонами (Рис.2)

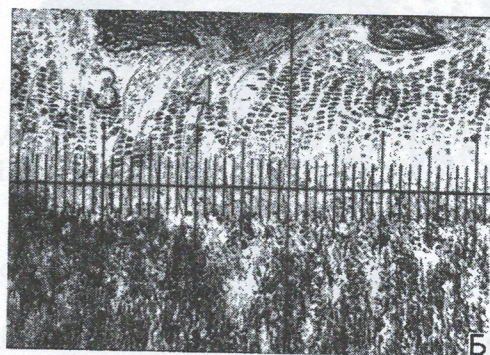
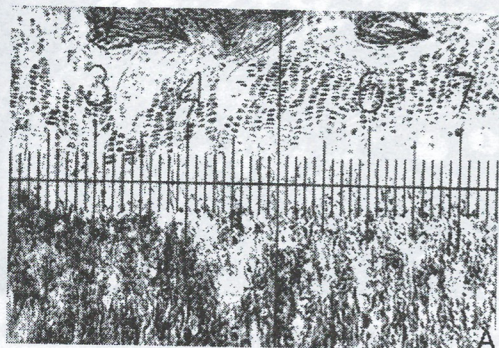


Рис. 2. Епіфізарний хрящ великогомілкової кістки інтактного щура (А) і при гіподинамії (Б).  
Забарвлення гематоксилін-еозином. Зб.: об. 8, ок. 10.

В діяфізах довгих трубчастих кісток кістково-мозкові канали розширені за рахунок потоншення компактного шару, а кісткові порожнини заповнені

червоним кістковим мозком і жировою тканиною. Кількість остеонів зменшується у порівнянні з інтактними контрольними тваринами, їх рисунок

не чіткий. Остеоцити невеликі, нерідко розташовуються поодинокі. Місцями кісткові пластинки розташовані хаотично і мозаїчно.

Кількість остеобластів і остеоцитів зменшується (Рис. 3).

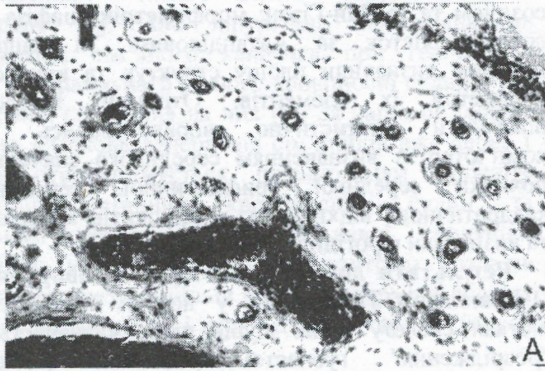


Рис. 3. Діафіз великогомілкової кістки інтактного щура (А) і при гіподинамії (Б).  
Забарвлення методом ван-Гізон. Зб.: об. 8, ок.10.

У тварин після інтенсивних статистичних навантажень після гіподинамії настає суттєва перебудова кісткової тканини в довгих трубчастих кістках. Губчаста речовина має відносно тонкі кісткові балки у вигляді широкопетлих сіток з великими міжбалковими просторами, які заповнені в основному жиром і тонковолокнистою сполучною тканиною, хід кісткових пластинок нечіткий, зменшується кількість остеонів, а в деяких ділянках взагалі відсутні остеоніти. Товщина кісткових балок у губчастій речовині довгих трубчастих кісток щурів, які перебували в умовах гіподинамії після фізичних навантажень, збільшується у порівнянні з тваринами, які перебували тільки в умовах гіподинамії. Міжбалкові простори губчастої речовини широкі і безпосередньо переходять у кістково-мозковий канал.

В зоні "спокійного" хряща спостерігаються поодинокі клітини з малими ядрами неправильної форми і відносно великим об'ємом цитоплазми. Хондроцити хаотично розташовані у міжклітинній речовині. В зоні "молодого" хряща, що проліферує, нечисельні хондроцити збираються в ізогенні групи, які поодинокими "острівцями" розташовуються у міжклітинній речовині. Ядра хондроцитів світлі, мають круглу або овальну форму. В зоні "зрілого" хряща ізогенні групи хондроцитів без різкої границі переходять в зону кальцифікуючого і осифікуючого хряща. В цих зонах хондроцитів мало, їх ядра невеликі і світлі, різноманітної форми, цитоплазми відносно багато.

При гіподинамії щурів після помірного статичного навантаження структура епіфізарного хряща також змінюється, зокрема, є характерною дезорієнтація стовпчиків хондроцитів, відсутність чіткого поділу хряща на зони.

У щурів після інтенсивних динамічних навантажень адаптованих до гіподинамії, в діафізах довгих трубчастих кісток компактна речовина витончується, відповідно збільшується за об'ємом кістково-мозковий канал. Змінюється співвідношення між шарами діафіза: зменшується остеонний шар, збільшуються шари зовнішньої і внутрішньої генеральних пластинок (Рис. 4).

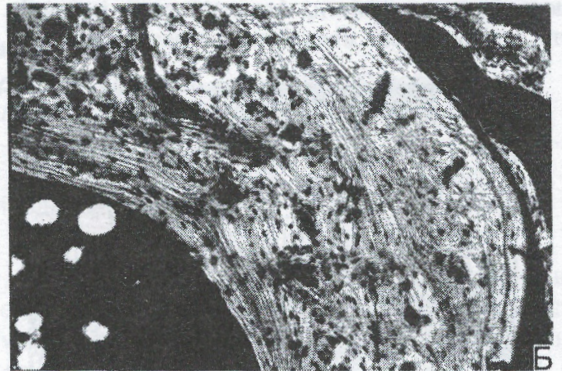
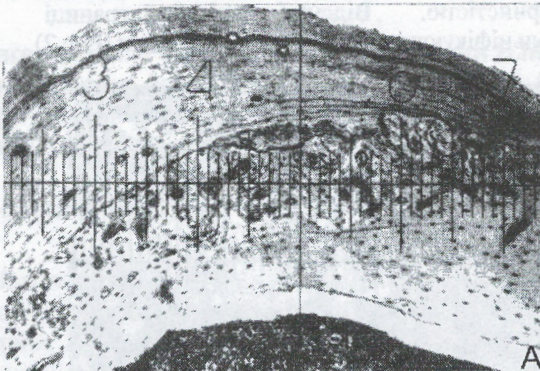


Рис. 4. Діафіз великогомілкової кістки інтактного білого щура (А) і при гіподинамії після інтенсивних статистичних навантажень (Б).  
Забарвлення методом Ван-Гізон. Зб.: об. 8, ок. 10.

У тварин, що адаптовані до помірних динамічних фізичних навантажень, гіподинамія приводить до менших порушень структури довгих трубчастих кісток у порівнянні з неадаптованими

щурами. Змінюється меншою мірою будова остеонів компактної речовини. Між кістковими пластинками остеонів чіткі границі відсутні, кількість пластинок зменшується. З'являються

остеони з розширеними гаверсовими каналами, а деякі з них облітеруються. Місцями порушується архітектоніка кісткових пластинок.

**Висновки.** У тварин в умовах гіпокінезії, адаптованих до помірних фізичних навантажень (статичного, більше динамічного характеру) деструктивні процеси в кістковій тканині менш виражені, ніж при "чистій" гіпокінезії. У тварин,

які перебували в умовах гіпокінезії з наступними інтенсивними фізичними навантаженнями (динамічними, більш статичними) виникають значні порушення структури та росту довгих трубчастих кісток, які більш виражені, ніж при "чистій" гіпокінезії.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бензар І.М., Волошин В.Д., Федонюк Я.І., Киричок О.М. Структурна організація і перебудова кісткової тканини // Науковий вісник Ужгородського університету, серія "Медицина".-1999.- Вип. 9.- С. 17-21.
2. Борковський В.В. Ріст і формування кісток скелету при фізичних навантаженнях після гіпокінезії // Вестник проблем биологии и медицины. -1997.- №10.- С. 50-55.
3. Головацький А.С., Федонюк Я.І. Закономірності структурних змін в кістках скелету, міокарді та печінці при адаптації до позаклітинної дегідратації // Науковий вісник Ужгородського університету, серія "Медицина".- 2000.- Вип. 12.- С.21-24.
4. Довгалюк Т.Я. Особливості будови і росту довгих трубчастих кісток скелету шурів під впливом солей свинцю // Науковий вісник Ужгородського університету, серія "Медицина".- 1999.- Вип.9.- С.28-31.
5. Ковешников В.Г., Лузин В.И., Маврич В.В. Сравнительная оценка влияния низкоинтенсивных электромагнитных излучений на морфогенез костной системы у не половозрелых крыс // Український медичний альманах.- 1998ю- №2.- С.108-112.
6. Санін М.Р., Григоренко Д.Е., Ерофеева Л.М., Паховые лимфатические узлы макаков резусов при гипокинезии и сочетанном воздействии гипокинезии и гипергравитации // Морфология.- 2000.- Том 118, №6.- С.57-60.
7. Федонюк Я.І. Закономірності морфогенезу кісток скелета та деяких внутрішніх органів при дегідратації і різних режимах рухової активності та їх реадaptaції // Вісник наукових досліджень.-1997.- №2-3.- С.14-17.
8. Федонюк Я.І. Структурно-функціональні зміни в кістках скелету, міокарді, щитовидній залозі та наднирках при адаптації їх до змін водно-електролітного гомеостазу організму // Український медичний альманах.- 1998.- №3.- С.140-142.
9. Федонюк Я.И., Довгань Е.М. Изучение в экспериментальной антропологии влияния физических нагрузок, гипокинезии, их сочетания на костную ткань и ее реадaptация // Вестник проблем современной медицины.-1995, №6.- С.61-65.
10. Alloc N.M. Calcification of cortilage // Clin. Orthop. -1992.- №86.- P.287-311.
11. Jian Li Xiao, Jee Webster S.S. Adaptation of diaphyseal structure with aging and increased mechanical loading in the adult rats.- 1994.- V. 229, №3.- P.291-297.

## SUMMARY

### THE INFLUENCE OF ADAPTATION AND PHYSICAL TRAINING ON THE STRUCTURAL CHANGES IN THE LONG BONES AT HYPOKINESIA

**O.M. Dovhan, A.S. Holovatsky, B.M. Mytskan, Ya.I. Fedonyuk**

In experiment on 184 white male rats the structural changes in the long bones at hypokinesia of animals and the influence of adaptation and physical training on these processes was studied. It was found that in animals in conditions of hypokinesia, adapted to moderate physical loading the destruvtive processes in bones are less pronounced than in case of a "pure" hypokinesia; in animals under hypokinesia conditions with the subsequent physical loading substantial violations in the structure and growth of the bones was found.

**Key words:** long bones, structure, hypodynamy, adaptation