

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

Державний вищий навчальний заклад  
Тернопільський державний медичний університет  
імені І. Я. Горбачевського

На правах рукопису

ДАВИБІДА Наталія Олегівна

УДК 611.717/.718-018-02:612.766.1]-053

**МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА  
ДОВГИХ КІСТОК ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ У  
ВІКОВОМУ АСПЕКТІ**

14.03.01 – анатомія людини

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Науковий керівник  
Волошин Володимир Дмитрович  
кандидат медичних наук, доцент

Тернопіль 2010

## З М І С Т

Перелік умовних позначень.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	11
1.1. Сучасні уявлення про будову, формоутворення та хімічний склад кісток скелету.....	11
1.2. Структурна перебудова довгих кісток скелету під впливом фізичних навантажень.....	22
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	26
РОЗДІЛ 3. МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КІСТОК ІНТАКТНИХ ТВАРИН .....	29
3.1. Структурно-метаболичні особливості плечових кісток інтактних білих лабораторних щурів молодого віку.....	29
3.2. Структурно-метаболичні особливості плечових кісток інтактних білих лабораторних щурів зрілого віку.....	37
3.3. Структурно-метаболичні особливості плечових кісток інтактних білих лабораторних щурів з вираженими старечими змінами.....	42
РОЗДІЛ 4. МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ ПЛЕЧОВИХ КІСТОК У ТВАРИН МОЛОДОГО ВІКУ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ.....	49
4.1. Динаміка структурно-метаболичних змін плечових кісток білих лабораторних щурів-самців молодого віку за умов впливу помірних фізичних динамічних навантажень.....	49
4.2. Динаміка структурно-метаболичних змін плечових кісток білих лабораторних щурів-самців молодого віку за умов впливу інтенсивних фізичних динамічних навантажень.....	58
РОЗДІЛ 5. МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ ПЛЕЧОВИХ КІСТОК У ТВАРИН ЗРІЛОГО ВІКУ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ.....	67
5.1. Динаміка структурно-метаболичних змін плечових кісток білих лабораторних щурів-самців зрілого віку під впливом помірних фізичних динамічних навантажень.....	67

5.2.. Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток білих лабораторних щурів-самців зрілого віку під впливом інтенсивних фізичних динамічних навантажень.....	75
<b>РОЗДІЛ 6. МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ ПЛЕЧОВИХ КІСТОК У ТВАРИН З ВИРАЖЕНИМИ СТАРЕЧИМИ ЗМІНАМИ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ.....</b>	<b>85</b>
6.1. Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток білих лабораторних щурів з вираженими старечими змінами при помірних фізичних динамічних навантаженнях.....	85
6.2. Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток білих лабораторних щурів з вираженими старечими змінами при інтенсивних фізичних динамічних навантаженнях.....	93
<b>РОЗДІЛ 7. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>102</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>133</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>135</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>165</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ОБ	- остеобласти
ОК	- остеокласти
ОЦ	- остецити
ЕХ	- епіфізарний хрящ
ПЕ	- проксимальний епіфіз
ДЕ	- дистальний епіфіз
МДК	- максимальна довжина кістки
ШПЕ	- ширина проксимального епіфіза
ШДЕ	- ширина дистального епіфіза
ШСД	- ширина середини діафіза
ПЗРСД	- передно-задній розмір середини діафіза
ШЕХ	- ширина епіфізарного хряща
ШЗП	- ширина зони проліферації
ШЗДХ	- ширина зони дефінітивного хряща
ОПС	- об'єм первинної спонгіози
ОЗС	- об'єм загальної спонгіози
ГПХТ в к\м	- глибина проникнення хрящової тканини в кістково-мозковій порожнині
ДТПС	- довжина трабекул первинної спонгіози
КОПС	- кількість остеобластів первинної спонгіози
ШВОП	- ширина внутрішніх оточуючих пластин
ШЗОП	- ширина зовнішніх оточуючих пластин
ШОШ	- ширина остеонного шару
ПД	- площа діафіза
ПКМК	- площа кістково-мозкового каналу
ДО	- діаметр остеону
ДКО	- діаметр каналу остеону

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Науково–технічний прогрес характеризується суттєвими змінами довкілля, великим потоком інформації, змінами умов праці, які покращують умови життя людини, знижуючи при цьому його рухову активність. Більшість людей не дотримуються найпростіших норм здорового способу життя, що обґрунтовані наукою, стають жертвами малорухливості (гіподинамії). За статистикою останніх років рухливість людини знизилась у 200 разів, що викликає передчасне старіння, і є причиною збільшення захворювань серцево-судинної системи, опорно-рухового апарату (остеопороз, остеохондроз, порушення постави та інші), які на даний час, набувають епідемічного характеру [168, 170, 193]. Тому з надзвичайною актуальністю постає проблема боротьби з гіпокінезією [41, 83,157, 239, 283]. Саме остання є чинником, що призводить до атрофії м'язів і дегенерації кісток скелету, порушення роботи всіх органів і систем, зниження імунітету організму.

Дослідження та статистика свідчать про неоцінімий позитивний вплив занять оздоровчою фізичною культурою на організм людини, а отже і на тривалість людського життя. Вплив фізичних навантажень на організм людини в цілому та структуру довгих трубчастих кісток вивчався багатьма авторами тривалий час, але і на сьогодні це питання залишилося актуальним для спортивної медицини, спорту, фізичної культури.

Дослідження функціональної анатомії об'єднують експериментально–морфологічні дослідження, які присвячені впливу умов життя, праці, спорту, фізичних навантажень на формування і будову всього організму та на окремі його органи.

Кістка не завжди була цікавим об'єктом дослідження і лише в останні десятиріччя активно почала вивчатися [17, 44, 109,137].

Але і до сьогоднішнього дня дослідження кісток скелету 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, особливо у юному віці. Кісткова система є складною та водночас лабільною у функціональному і морфологічному відношенні. Вона реагує на різні внутрішні і зовнішні фактори. Її поліфункціональність визначає первинну складність у вивченні функціональної морфології опорно-рухового апарату. Вчені остеологи [4, 77, 87, 119, 168] вивчали механізм росту, синтезу і 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, повної ясності у цьому питанні немає.

На думку одних дослідників [8, 22, 137] фізичні навантаження динамічного характеру стимулюють ріст і розвиток довгих кісток у довжину, в той час, як інші дотримуються протилежної точки зору [24, 34, 39, 139]. Можливо така суперечність зумовлена різними методичними підходами або ігноруванням індивідуальних особливостей організму піддослідних тварин.

Нам видається своєчасним і практично необхідним запропонувати градацію норм фізичних навантажень окремо для кожної вікової групи лабораторних тварин. Крім того, особливе значення серед сучасних морфологічних досліджень має комплексність поставлених завдань, котрі обіцяють найбільш плідні результати в науці. З метою більш повного і всебічного вивчення впливу різних за об'ємом фізичних навантажень на структуру довгих кісток щурів різних вікових груп нами був використаний широкий спектр сучасних методик, який включає біометричні та гістологічні методи дослідження, а також кількісний хімічний аналіз. Комплекс використаних методик дозволив у певній мірі висвітлити проблему впливу фізичних динамічних навантажень на довгі кістки тварин у віковому аспекті.

*Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.*

Дисертаційна робота виконана в межах комплексної науково-дослідної теми Тернопільського державного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського „Вторинний остеопороз: патогенетичні механізми формування та прогресування, клініко-інструментальні та біохімічні маркери ранньої діагностики, профілактики і лікування” (№ держреєстрації 0104U004523), частиною якої є науково-дослідна робота кафедри анатомії людини “Вивчення коригуючих факторів на перебіг експериментального остеопорозу. Вплив обезводнення організму, різних режимів рухової активності на структуру довгих кісток та нирок і фізичного розвитку в залежності від впливу вегетативного статусу”. У виконанні її автором проведено дослідження росту та формоутворення кісток скелету при фізичних навантаженнях у віковому аспекті. Тема дисертаційної роботи затверджена проблемною комісією „Морфологія людини” 4 червня 2004 р. (протокол № 60).

*Мета дослідження.* В умовах експерименту виявити закономірності змін росту, формоутворення та хімічного складу довгих кісток тварин різних вікових груп за дії на організм динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності.

*Завдання дослідження:*

1. Вивчити особливості структурно-функціональних змін довгих кісток у інтактних щурів різних вікових груп.
2. Вивчити морфофункціональні особливості адаптаційно-компенсаторних процесів в довгих кістках за умов дії динамічних навантажень.
3. Вивчити зміни хімічного складу довгих кісток щурів під впливом на організм динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності у віковому аспекті.
4. Дослідити направленість морфологічних змін у кістковій тканині тварин молодого, зрілого віку та з вираженими старечими змінами за дії фізичних навантажень різної інтенсивності.

*Об'єкт дослідження* - довгі кістки білих щурів-самців різних вікових груп.

*Предмет дослідження* – ріст, формоутворення, хімічний склад довгих кісток скелету під дією помірних та інтенсивних фізичних навантажень динамічного характеру у білих безпородних лабораторних тварин різних вікових груп.

*Методи дослідження* - остеометричний – для визначення структурної перебудови кісток; гістологічний та морфометричний – для вивчення морфології кісткової тканини на різних рівнях організації та кількісної оцінки зрушень структурної рівноваги в кістці; спектрофотометричний – для визначення хімічного складу кісток; математичні - для об'єктивізації отриманих кількісних даних.

*Наукова новизна дослідження.* Використовуючи комплекс методів (остеометричних, гістоморфометричних, хіміко-аналітичних, математичних), встановлено закономірності структурно-функціональних змін довгих кісток щурів різних вікових груп за умов впливу на організм помірних та інтенсивних динамічних фізичних навантажень. Визначено особливості росту, формоутворення кістки у різні вікові періоди інтактних тварин. Доведено, що головним чинником у моделюванні та ремоделюванні кісткових структур є вплив різних режимів рухової активності. Встановлено закономірності перебудови кісткової тканини рівень оптимальної інтенсивності та дози фізичного навантаження на організм відповідно до віку тварин для розвитку і підтримання оптимального стану скелету.

Виявлено особливості реакції кісток на однотипні за інтенсивністю фізичні навантаження. Встановлено, що помірні фізичні динамічні навантаження протягом 20-60 днів стимулюють формоутворення робочих структур опорно – рухового апарата у щурів молодого та зрілого віку. Для тварин старечого віку, оптимальним можна назвати помірні динамічні фізичні навантаження протягом 20 днів. Інтенсивні динамічні фізичні навантаження, особливо тривалі, призводять до сповільнення та спотворення остеогенезу,



погіршують ріст кісток. Показана можливість розширення адаптаційних можливостей організму, пов'язаних із збільшенням фізичних навантажень за умов строгого контролю їх інтенсивності та з урахуванням віку тварин.

*Практичне застосування роботи.* Значимість проведеного дослідження визначається встановленням закономірностей та морфологічних змін у кістках скелету за умов дії на організм фізичних динамічних навантажень різної інтенсивності у віковому аспекті.

Аналіз структурних змін в опорно-руховому апараті тварин має певне значення для вікової морфології, педіатрії та геронтології. Особливо цікавим фактором є сповільнення розвитку інволютивних процесів у кістковій тканині, омолодження скелету за умов застосування оптимальних режимів та видів фізичних навантажень.

Отримані дані про зміни кісткової тканини при застосуванні інтенсивних навантажень є теоретичним підґрунтям для розробки та профілактики захворювань опорно-рухового апарату, остеопорозу, різних стадій сколіозів, вертеброгенної патології, у тренувальному процесі, спорті. Виявлені закономірності морфофункціональних перетворень за дії на організм різних режимів рухової активності дають можливість обґрунтувати комплекс заходів для корегування змін у кістковій системі людей, котрі припинили активні заняття спортом або фізичною працею. Отримані дані можуть використовуватись у навчальному процесі та в наукових дослідженнях на кафедрах гістології, анатомії, фізіології, травматології, загальної гігієни, фізичної культури в педагогічних і медичних вузах, дитячих юнацьких спортивних школах.

Результати досліджень впроваджені у навчальний процес і науково-дослідну роботу кафедр анатомії людини та паталогічної анатомії з секційним курсом та судової медицини Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського, кафедри анатомії людини та гістології Ужгородського національного університету, кафедри анатомії людини Кримського державного медичного університету, кафедри анатомія людини

Дніпропетровської державної медичної академії, кафедри анатомія людини Сумського державного університету (медичного інституту СумДУ), кафедри анатомії людини Запорізького державного медичного університету, кафедра теорії та методики фізичного виховання Кременецького обласного гуманітарно-педагогічного інституту імені Т. Шевченка, кафедра фізичної культури Тернопільського національного економічного університету.

*Особистий внесок здобувача.* Дисертація є особистою роботою автора, в якій дисертант самостійно здійснила розробку основних теоретичних і практичних положень роботи. Самостійно зібрала і проаналізувала наукову літературу за темою дисертаційної роботи, автор самостійно провела відбір тварин та постановку експерименту. Оволоділа методами дослідження, які використовувалися під час проведення наукової роботи. Провела статистичну обробку отриманих результатів та їх аналіз. Дисертантом написані всі розділи, здійснено узагальнення, сформульовані висновки, підготовлені наукові матеріали до публікацій та виступів.

*Апробація результатів роботи.* Результати досліджень, що включені до дисертації, оприлюднені на I, II, V Міжнародних медичних конгресах студентів та молодих вчених (Тернопіль 2001, 2002, 2004); у Вінницькому національному медичному університеті ім. М.І. Пирогова (Пироговські читання 2002, 2007).

*Публікації.* За матеріалами дисертації опубліковано 8 наукових робіт, із них 3 – статті у фахових виданнях, рекомендованих ВАК України, 5 – у матеріалах конференцій, конгресів.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасні уявлення про будову, формоутворення та хімічний склад кісток скелету

Протягом життя в кістковій тканині проходять процеси творення і руйнування, чим забезпечується функціональна пластичність, стійкість і опорна функція кістки.

Як відомо, у поняття опорно–руховий апарат входять кістково–хрящові, суглобові і м'язові компоненти тіла. Що стосується власне опорної частини цього апарату – кісток, то вони вивчалися як з погляду будови, так і участі їх у метаболічних процесах організму [4, 53, 85, 110, 136, 145, 201, 254]. Ріст і розвиток організму, його щоденна рухливість сприяють віковій безперервній зміні конституційних особливостей скелету, які проявляються у своєрідності форми і рельєфу кісток.

Основу кістки складає кісткова тканина, яка є похідною мезенхіми і спеціалізованою формою сполучної тканини з великою кількістю міжклітинної речовини [5, 16, 56, 87, 128, 130, 136, 236].

Кісткова тканина є специфічною тканиною організму. Вона довгий час залишалась найменше вивченою в аспекті розвитку, формоутворення, адаптації до зміни умов зовнішнього середовища, що слугувало основою для формування хибного уявлення про незмінність скелета. Уявлення про кістки, як про опорну структуру з низьким рівнем обмінних процесів залишилося в минулому. Кісткова тканина складається з двох фракцій - органічної і неорганічної. Перша забезпечує пластичність, друга – міцність кістки.

Кісткова тканина протягом всього життя організму продовжує удосконалюватися, змінює свою структуру, темпи росту і особливості регенерації [250, 251, 271, 278, 279, 281]. За даними літератури у стані

перебудови постійно перебуває до 4 % загальної маси кісткової речовини, а в дорослої людини за 10–15 років життя оновлюється половина маси кістяка [202, 203, 255, 276]. Великий вклад у вивчення сучасних наукових принципів формоутворення, функціональної і морфологічної адаптації кісткової тканини внесли видатні морфологи [73, 122, 169, 170]. Архітектурною одиницею кістки вважають перекладки. Останні утворюють усі основні структури компактної і губчастої речовини кістки, формуючи її морфо–функціональну одиницю–остеон, який являє собою сукупність кісткових циліндрів, що оточують центральний канал. Процес перебудови зрілої пластинчастої кістки, який відбувається постійно, може призвести до змін у структурі і взаємозв'язку окремих морфологічних компонентів компактної і губчастої речовини кістки [159, 184, 265, 270]. Остеони відображають процес дозрівання кістки як органа, розвиток якого відбувається в умовах постійних фізичних навантажень.

В основі процесу кісткової перебудови лежить активність специфічних кісткових клітин, таких, як остеобласти, остеокласти і остеоцити. На сьогодні остеобласти диференціюють на дві форми: активні та вистеляючі [71, 111]. Активні розташовані на поверхні кістки в зонах їх утворення і займають 2-8 % загальної кісткової поверхні. Остеобласти – (кісткосинтезуючі клітини), визначають ріст, розвиток і репарацію кістки, представляють собою великі клітини різної форми (кубічної, циліндричної з тонкими відростками); росташовані переважно в остеогенному шарі метафіза та окістя в кістковому мозку, а також в периваскулярних просторах остеонів. Вони характеризуються вираженою базофільною цитоплазмою і багатим на РНК ядром округлої форми. Друга форма остеобластів – вистеляючі (клітини, що вкривають кістку). Ця форма є варіантом термінальної трансформації остеобластів; вони вкривають 70-80 % кісткової поверхні дорослої людини, а також 4-8 % поверхні з неактивним остеїдом [14, 67]. В таких остеобластах ядра овальні, а цитоплазма - прозора. Вистеляючі клітини розташовуються впритул одна до одної, а між ними виявляються щілиноподібні з'єднання. Ці клітини утворюють гематоцелюлярний бар'єр кістки.

В даний час існує дві гіпотези стосовно походження остеобластів і остеокластів. Одні стверджують, що остеобласти і остеокласти походять з однієї мезенхімальної клітини, яка розділяється, формуючи дві самостійні клітинні лінії, а у визначених умовах може набувати властивості остеокласта чи остеобласта [94, 146, 256].

Інші вважають, що остеобласти походять з мезенхімальних клітин кісткового мозку, а остеокласти - з моноцитів крові. Перехід остеобластів у остеокласти прихильники цієї теорії відкидають [104, 158].

За даними Н.М. Frost [247], у зоні формування нової кістки щодня відкладається 1-2 мкм остеїду-некальцифікованого матриксу і після 8-9 днів досягається його кінцева товщина – 12 мкм.

Було розраховано, що активні остеобласти (а в кожній ділянці кістки формується приблизно 300–400 таких клітин) впродовж зазначеного терміну синтезують кісткову речовину, об'єм якої у 100 разів переважає їхні розміри [118, 258]. Після десятиденного періоду дозрівання остеїду настає його мінералізація. У цей період формування кісткової речовини кожен десятий остеобласт виявляється замуrowаним у мінералізований матрикс і перетворюється у остеоцит. Інші остеобласти залишаються на поверхні кістки, переходять у неактивні форми й утворюють бар'єр плоских клітин. Термін активного життя остеобластів складає 10–20 діб [106, 135, 256].

Процес ремоделювання в кістці, що росте, проходить з участю остеокластів.

Остеокласти – це великі клітини з поверхнею біля 1200–4000 мкм, розташовуються в кісткових заглибленнях на поверхні зрілої кістки (гаушипові лакуни або лакуни резорбції). В остеобластах, як правило, знаходяться від 2 до 20 ядер, але вони можуть бути і одноядерними [258]. Багато вчених є прихильниками теорії розвитку остеокластів із стовбурових кровоносних клітин через стадію іононуклеарів [123, 130, 161, 280]. У зрілій кістці 0,1 – 1,0 % поверхні займають лакуни, що містять остеокласти (активна резорбція); 5,0 – 10 % поверхні займають порожні лакуни (неактивна резорбція) [184, 227,

269]. Під дією лізосомних ферментів і водневих іонів, що вивільняються остеокластами, відбувається розчинення та деградація матриксу кістки. Один остеокласт руйнує стільки кістки, скільки створюють 100 остеобластів за той же час [173, 228, 232].

До зрілих клітин відносяться остеоцити, що мають цитоплазматичні відростки, які залягають у кісткових каналцях і контактують з відростками сусідніх клітин [46, 202, 121, 214, 142]. Поздовжня вісь остеоцитів розташовується вздовж або радіально відносно осі остеону. Ультраструктура остеоциту схожа за будовою до остеобластів. Цитоплазма зрілих остеоцитів має добре розвинутий внутрішній сітчастий апарат та багато лізосом, які беруть участь у процесі остеолізу [38, 85, 117, 268]. Остеоцити забезпечують внутрішньокістковий транспорт поживних речовин, мінералів і продуктів метаболізму і тим самим сприяють координації активності кісткових клітин [58]. Популяція остеоцитів структурно неоднорідна, що пов'язано з різним віком клітин і ступенем їх метаболічної активності [45, 57]. Вони поділяються на молоді (продукуючі), зрілі (резорбуючі) і дегенеративні (відмираючі). Остеоцити беруть участь у підтримці іонного балансу організму. Вони також мають можливість змінювати функції від остеолізу до остеоплазії [90, 195]. У дорослої здорової людини 3–4 % кісткових лакун знаходиться в стані остеолізу. Встановлено, що остеоцити здатні не тільки резорбувати кістку, але й формувати нові кісткові речовини на стінках лакун (остеоцитарна остеоплазія) [74, 188, 195].

Органічний матрикс становить основу формування кісткової тканини і в 95–99 % складається з колагену [85, 106, 117, 248, 261]. Колаген визначає міцність і еластичність кісткової тканини. Структурною одиницею колагенового волокна є проколаген, молекула якого складається з трьох спіралеподібних поліпептидних альфа-зв'язків, які стабілізовані водневими зв'язками. До складу колагену входять залишки оксилізіну, гліцину і проліну [104, 282].

Сучасні науковці описують 4 типи колагену, що різняться між собою за структурою поліпептидних альфа-зв'язків. З віком синтез колагену зменшується і з'являються ізоформи колагену, які призводять до погіршення механічних властивостей. Результатом полімеризації колагену є фібрилярні структури, які формуються у волокні з точно визначеним порядком розміщення молекул [140, 156]. Важливою частиною міжклітинної речовини є глікозамінглікани, протеглікани і глікопротеїни, які зв'язані з колагеновим волокном на всіх рівнях організації [105, 246]. Протеоглікани беруть участь у водно-сольовому обміні і обумовлюють високу організацію структурних взаємовідносин органічного матриксу [60, 283]. Глікоген слугує основним джерелом хімічної енергії кісткової пластинки для мінералізації органічного матриксу [162, 80].

У міжклітинній речовині кісткової тканини присутні неорганічні сполуки: до 99 % тканинного кальцію, 87 % фосфору і 58 % магнію [107, 126, 172, 241]. За даними [77, 160, 188], у кістках скелета людей, в середньому, міститься 40 % кальцію і 17 % фосфору. [70, 98] Встановили, що гідрооксилапатит складає основу мінеральної частини кістки, має гексагональну форму і малі розміри. Йому належить важлива роль в іонному обміні і фізіологічних процесах, що протікають у кістковій тканині [60, 275]. З віком у людини розміри кристалів гідрооксилапатита збільшуються і площа іонообмінної поверхні зменшується [129, 132]. Збільшення розмірів цих кристалів також призводить до зменшення міцності кістки [134]. До мінеральної фази відноситься карбонат кальцію (до 10 %), який обумовлює стабільність тканинного розчину і властивостей його кристалів [80, 172, 188]. Аморфний фосфат кальцію є субстратом формування кристалів кісткової тканини, особливо його багато в ранньому віці [107, 129]. В кістках скелета також знаходиться натрій і калій, що локалізуються в гідратному шарі поверхневих кристалів [105]. Однак натрію за даними [133] в гідратному шарі є дуже мало. Найбільшу роль в структурно-функціональному відношенні кісткової тканини відіграють мікроелементи [98, 140]. У своїй більшості вони

пов'язані з органічними речовинами, особливо з гормонами і ферментами. Дисбаланс мікроелементів в організмі призводить до виникнення тяжких структурних і функціональних змін [127, 148, 152].

Мінералізація кістки складається з органічних і неорганічних фаз [205, 244, 253]. Органічна фаза полягає в продукції та секреції остеобластами біополімерів, виникнення структур матрикса і енергетичного забезпечення цих процесів. Неорганічна фаза представлена нуклеацією і ростом первинних ядер [224].

Головну роль у процесі мінералізації скелета виконують групи молекул колагена та кристали. Основна частина кристалів локалізується в середині колагенових фібрил, менша - на їх поверхні. Відкладення неорганічних речовин проходить на фоні активної діяльності кісткових і хрящових клітин [203]. В процесах мінералізації також беруть участь ряд органічних речовин: протеоглікани, ліпіди, ферменти, макроенергічні сполуки [140, 231, 257]. Активність лужної фосфатази пов'язують з наявністю у матриксі везикул, які виділяються з відростків хондроцитів і беруть участь у формуванні ядер кристалізації мінералів кістки [126, 243].

Науковці виділяють п'ять структурних складових кісткової тканини:

1- молекули колагену, які складаються з трьох поліпептидних L- ланок з неорганічними кристалами;

2 - мікрофібрили, які утворені п'ятьма молекулами колагену з кристалами апатиту;

3 – кристали, пов'язані з фібрилами поперечної і поздовжньої орієнтації;

4 - кісткові пластини;

5 - остеони, що створюють основу кісткової тканини.

Таким чином, кісткові пластини в сукупності з популяціями остеобластів і остеокластів координовано взаємодіють в остеогенетичному процесі, складаючи багатоклітинну одиницю ремоделювання кістки [72, 214]. До речі, її клітинні елементи розташовуються не тільки вздовж пластинок, але і з внутрішньої сторони [67, 184].



Вже в перші місяці внутрішньоутробного розвитку плода під впливом м'язового тону з'являється пористість (шорсткість) у місцях прикріплення м'язів [192].

Після народження і до 1,5-2 років відмічені шорсткі місця перетворюються в чітко виражені підвищення. З ростом організму рельєф розвивається, в період зрілості він підсилюється, досягаючи максимальної вираженості в старості.

Утворення нерівностей в місцях прикріплення м'язів не є простою надбудовою в результаті подразнення, а функціональною закономірністю самої кісткової речовини під впливом сухожилків, що прикріплюються до кістки.

Використовуючи біометричний метод вимірювання розмірів діафізів плечової і стегнової кісток у віковому діапазоні від народження до 40 років [6, 58, 167, 178, 179], відмічають збільшення поперечного розміру стегна з 6,8 мм до 29,3 мм, а діафізу плеча відповідно з 5,4 до 22,1 мм.

За даними авторів [153, 169] невелике розширення діафіза плечової кістки людини продовжується навіть у похилому віці: в групі людей 75-90 років середній діаметр діафіза приблизно на 3мм перевищує середній діаметр діафіза в групі 45-49 років. Це відповідає даним [237], який проводив рентгенологічні і антропометричні дослідження у чоловіків і жінок у віці від 45 до 105 років. Автором відмічено, що з віком відбувається розширення епіфізів і кістково- мозкових каналів довгих кісток, витончення компактного шару, збільшення довжини і висоти п'яткової і надп'яткової кісток. Враховуючи зростаюче в цьому віці явище ендостальної резорбції, що веде до остеопорозу [22, 68, 78, 91, 92, 149, 151, 166, 171, 175, 180, 186, 187, 193, 213, 219, 234, 242, 249, 267], невелике збільшення діаметра діафізів довгих кісток є компенсаторною реакцією.

Проблемі вікових змін структури довгих трубчастих кісток присвячено багато робіт [58, 167, 178], особливо діафізів трубчастих кісток [189, 277]. Показано, що формування діафізарних структур проходить завдяки одночасному розвитку кістковоутворюючих і резорбційних процесів зі сторони

періоста, ендоста і в самій компактній речовині. Відновлення складу структур у процесі перебудови попереджає появу ознак старіння, сприяє збереженню функціональної повноцінності кісткових органів [51, 55] .

Детальне дослідження гістологічних препаратів і шліфів кісток від 2,5 місяців внутрішньоутробного життя до 86 років дозволило докладно описати особливості формоутворення мікроструктур довгих трубчастих кісток в процесі онтогенезу [7, 192]. Згідно з даними цих авторів, для діафізів трубчастих кісток новонароджених і дітей перших місяців життя характерно переважання первинних остеонів, які формують весь кірковий шар; у дітей перших років життя біля половини, а у підлітків і в юнацькому віці їх залишається лише біля однієї третини товщини діафіза.

Завдяки інтенсивній перебудові в перші роки життя дитини незріла грубоволокниста кісткова тканина до 2-3 років життя майже повністю замінюється диференційованою пластинчастою кісткою [59, 106] .

Вивчаючи вікові особливості мікроструктури компактної речовини діафізів довгих трубчастих кісток у людей [34, 49] помітили високі темпи перебудови і росту кісткової тканини в дитячому віці, в той час як у середньому вона характеризується морфологічною зрілістю мікроструктур і зниженням інтенсивності процесів перебудови. У похилому і старечому віці в діафізах довгих трубчастих кісток переважають процеси резорбції над кісткоутворенням. На теперішній час більшість дослідників [110, 112] вважають, що з віком діаметр остеона і число гаверсових систем на одиницю площі компактної речовини збільшується. Товщина зовнішніх і внутрішніх генеральних пластинок зменшується, а діаметр гаверсового каналу збільшується завдяки розсмоктуванню кісткових пластинок, що прилягають до судин [134].

Ряд авторів [32, 51, 124] вважають, що для кісткової тканини людей похилого і старечого віку характерна поява остеонів з відносно збільшеним просвітом гаверсових каналів. На думку цих дослідників поява остеонів з

гаверсовим каналом, діаметр яких більший, ніж  $\frac{1}{4}$  діаметра остеону, є однією з морфологічних ознак остеопорозу.

Класичним протягом багатьох років вважалося вивчення вікових особливостей кісткової тканини методом тетрациклінової мітки. Відмічено збільшення середнього часу утворення остеонів у віковому діапазоні від 7 до 43 років. Згідно з даними автора середній час утворення остеону в 7-літньому віці – 42 дні. До 43 років час утворення остеону збільшується майже вдвічі - до 79 днів [89, 106].

Від загальної лінії розвитку діяфізів трубчастих кісток у віковій морфології, за даними [18, 32] є відхилення в місцях прикріплення м'язів. Особливістю таких ділянок є утворення достатньо широких, розміщених у напрямку тяги м'язів гаверсових щілин і остеонів, що піддаються перебудові в зв'язку з особливостями розвитку м'язової тканини [28]. Немає ніяких сумнівів у тому, що компактна речовина діяфізів довгих кісток представляє менше труднощів для вивчення вікової перебудови, ніж це має місце в губчастій речовині: складне переплетення балок останньої не дозволяє так повно, (при звичайних методах дослідження) прослідкувати місця кісткоутворюючих і резорбційних процесів. Структура губчастої речовини кістки є однією з показових прикладів зв'язку між її формою і функцією.

Вивчаючи вікові особливості губчастої речовини, [260], показав, що протягом першого року життя дитини різниця в будові компактної і губчастої речовини незначна. Губчаста речовина в цьому періоді життя має структуру з подвійними щілинами, завдяки наявності густої сітки перекладин. Порівняно невеликі системи щілин відмежовують товсті і короткі кісткові балки. Будучи короткими і звивистими, останні мають дещо пухку структуру, що нагадує грубоволокнисту тканину компактного шару.

За твердженням ряду авторів [5,169] з віком відбувається збільшення лінійних розмірів і підсилення рельєфу довгих трубчастих кісток людини. Однак, якщо від внутрішньоутробного розвитку і до 25 років ці явища носять

прогресивний характер, то після 45 років – компенсаторний, що є відповіддю на посилення вікового остеопорозу.

Досить докладно досліджено відношення процесів кровопостачання і резорбції кістки в період росту [20, 31, 33] та в період старіння [25, 112, 264]. Менше уваги приділено питанням формоутворення мікроструктур кісткової тканини у віковому аспекті. На думку більшості дослідників [12, 15, 88, 114, 160] у новонароджених і дітей перших років життя проходить інтенсивна кісткова перебудова з переважанням процесів кісткоутворення над процесами резорбції. У цьому віковому періоді незріла грубоволокниста кісткова тканина замінюється кісткою пластинчастої будови. Первинні остеони та конструкції підлягають перебудові шляхом резорбції з утворенням на їх місці вторинних остеонів.

Особливістю морфологічної характеристики кісткової тканини довгих кісток пізнього і старечого віку є виражене переважання резорбтивних процесів над кісткоутворенням, яке призводить до значної порозності кортикального шару [29, 150, 168, 176, 185, 190]. Торкаючись вікових особливостей розвитку губчастої речовини епіфізів довгих кісток, більшість дослідників вважають, що в ранньому віці відбувається посилена перебудова губчастої речовини з утворенням дрібно - і середньокміркової структури, в той час як в більш старшому віці перебудова губчастої речовини незначна і мало змінює крупно-кміркову структуру епіфізів [23, 238, 240].

На теперішній час немає сумнівів у тому, що поздовжній ріст кістки забезпечується головним чином за рахунок метаепіфізарної хрящової пластинки [56, 165, 210, 226]. Наросткова хрящова пластинка росту має зональну будову. Розглядаючи будову наросткового хряща деякі автори [83, 120, 233] виділяють від епіфіза до діафіза 4 зони: 1- зона спокою хряща; 2- зона молодого проліферуючого хряща; 3- зона дозріваючого хряща; 4- зона кальцифікації хряща.

В цей же час інші нараховують в епіфізарному хрящі тільки три зони, або пласти: 1 - пласт материнських клітин; 2- пласт проліферації клітинних елементів; 3 – пласт осифікації.

Вчені, які займались вивченням процесів росту кісток, по-різному оцінювали роль окремих шарів наросткового хряща в рості у довжину. Ряд авторів вважає основним джерелом поздовжнього росту зону хрящових стовпчиків [100, 197].

Протилежні дані були отримані в досліджах таким автором як [56]. На думку дослідників, найбільше значення для поздовжнього росту кістки має зона індиферентного хряща як джерело постійного поповнення клітинного матеріалу і основної речовини хряща, а також хрящових стовпчиків як фактор забезпечення напрямку кістки росту у довжину.

У той же час за даними [69] зона індиферентного хряща взагалі не бере участі в рості епіфізарної пластинки, а ріст кістки в довжину забезпечується проліферацією клітин у зоні молодого проліферативного хряща і збільшенням розміру клітин у зоні дозріваючого хряща.

Однак, як показав в своїх роботах [93], одного тільки збільшення числа клітин зони хрящових стовпчиків недостатньо для росту кістки. Для того, щоб на місці хондроцитів могла утворитись кістка, вони повинні бути гіпертрофовані і звапнені.

Під час тренування одномісячних білих щурів у третбані автором [37] було помічено статистично достовірне зменшення товщини епіфізарних хрящових пластинок стегнової і великогомілкової кісток, а також зменшення кількості клітин в зоні молодого хряща. Автором встановлена зворотна залежність між інтенсивністю поздовжнього росту і товщиною епіфізарних росткових пластинок досліджуваних кісток.

У роботі [93] вважається, що при навантаженні бігом, фактор здавлювання епіфізарного хряща відіграє роль в розвитку і протіканні кісткоутворюючих процесів кістки, в цей же час [39], який у своїх дослідженнях, стискаючи і розтягуючи нижній кінець стегна білого

лабораторного щура, не знайшов змін при цьому в рості епіфізарного хряща. У дослідженнях автора [39], який спостерігав, що стискання епіфізарного хряща молодих щурів призводить до сповільнення росту кісток в довжину, а також підтвердив зворотню залежність між інтенсивністю поздовжнього росту та шириною епіфізарного хряща. Автор вважає, що динамічні навантаження, які проводяться систематично, викликають підсилену активність епіфізарного хряща та забезпечують більш довготривалу функцію кістки. Таким чином, з наведених даних літератури видно, що кісткова тканина протягом усього життя організму безперервно перебудовується, однак інтенсивність і направленість кісткової перебудови різна в окремі періоди постнатального онтогенезу.

Отже, думки авторів розділились у визначенні кількості структурних зон в суглобовому хрящі та в епіфізарній пластинці росту. Спірним також є питання про значення певних зон епіфізарної хрящової пластинки для росту кістки у довжину. Твердження окремих авторів суперечливі, а їх точки зору майже повністю протилежні.

Найбільш вдалою, на наш погляд, є класифікація зон епіфізарного хряща, яка дана В. Г. Ковешніковим (1980) [109]. В ній за основу прийнятий єдиний функціональний принцип. Автор пропонує розрізняти в епіфізарному хрящі п'ять зон: індиферентного хряща, проліферуючого хряща, дефінітивного хряща, деструкції хряща та зону остеогенезу.

## 1.2. Структурна перебудова довгих кісток скелету під впливом фізичних навантажень

Як відомо, кісткова тканина сформувалась та пристосувалась до фізичних навантажень. У зв'язку з цим, трубчаста будова довгих кісток кінцівок при порівняно малій масі забезпечує найбільшу їх міцність.

Засновник функціональної теоретичної анатомії П.Ф. Лесгафт (1905) у своїх дослідженнях встановив, “що кістки розвиваються тим інтенсивніше у всіх своїх розмірах, чим більша діяльність м'язів, що їх оточують”. І навпаки,

“при меншій діяльності зі сторони цих органів вони стають тоншими, довшими, вужчими і слабшими “.

За даними [9, 10, 21, 35, 36, 81, 144, 164, 181, 199, 204, 218] фізичні навантаження сприяють росту довгих кісток. Діаметрально протилежної думки дотримуються [8, 34, 139, 163, 177], згідно з якою інтенсивні фізичні навантаження гальмують ріст довгих кісток. Про вплив фізичних навантажень на ріст епіфізів і діафізів довгих трубчастих кісток в товщину (ширину) існує єдина думка: чим більше навантаження, тим активніше протікає періостальний остеогенез, завдяки чому епіфізи і діафізи розширюються [86, 144, 191].

Під впливом фізичних навантажень проходить перебудова мікроструктури компактної речовини кістки, що проявляється у збільшенні числа та діаметра остеонів, зменшенні неостеонових судин, витонченні внутрішніх і зовнішніх генеральних пластинок [82, 240, 266]. В поодиноких наукових працях, які стосуються впливу фізичних навантажень на структуру суглобового хряща і епіфізарної пластинки росту, висловлюється думка, що під впливом фізичного навантаження товщина суглобового хряща і епіфізарної пластини росту зменшується [183]. Більшість дослідників [80, 206], на основі вимірів великої кількості кісток дорослих спортсменів і людей, що займалися важкою фізичною працею, встановили збільшення довжини кісток під впливом помірної спортивної чи фізичної діяльності. За даними [154, 215], фізичне навантаження прискорює появу центрів скостеніння, затримує синостозування епіфізарних ростових зон і продовжує тим самим ріст кісток у довжину. Протилежну думку у своїх роботах висловили [19, 209]. Ними було відмічено гальмівний вплив фізичних вправ, пов'язаних із заняттям спортом на процес росту кісток у довжину. Усі роботи, які присвячені впливу фізичних навантажень єдині в поглядах стосовно стимулюючого впливу підвищеної трудової діяльності і занять спортом на ріст кісток. Застосувавши антропометричний і рентгенологічний методи дослідження, [13, 206] прослідкували зміни верхніх кінцівок спортсменів-тенісистів і зробили

висновок, що під впливом фізичних навантажень проходить інтенсивний ріст кінцівок не тільки в довжину, але і в ширину.

Однак, за спостереженнями [21, 102], кістки передпліччя юних спортсменів мало змінюють свою довжину, незважаючи на постійні фізичні навантаження на тренуваннях. Заслуговують на увагу дані, отримані [89, 113, 147]. Вивчаючи вплив фізичних навантажень на ріст довгих кісток людини в молодому віці, авторами відмічено, що кожній кістці притаманний відповідний поріг механічного сприйняття. Допорогові навантаження здатні стимулювати ріст кістки, запорогові гальмують його. Торкаючись даних літератури про вплив фізичних навантажень на ріст довгих трубчастих кісток, ряд авторів відмічають збільшення не тільки поздовжніх, але й поперечних розмірів останніх [34, 216, 259]. Так [154], вивчаючи зміни в нижніх кінцівках у спортсменів відмітив, що результатом функціонального пристосування до навантажень став сильний розвиток суглобових поверхонь стегнових і великогомілкових кісток, циліндроподібне розширення відділів великогомілкової кістки, що наближені до суглобів. За спостереженнями [88, 95] у довгих трубчастих кістках спортсменів різних спеціалізацій під впливом фізичного навантаження відбуваються адаптаційні зміни типу робочої гіпертрофії: кортикальний шар стає товстішим, поперечні розміри діафізів і епіфізів збільшуються, рельєф кісток підсилюється, на них з'являються шорсткі місця, кісткові виступи, гребені і горби на місцях прикріплення м'язів. Кістки стають масивнішими і стійкими до навантажень і травм.

Вирішення питань функціональної морфології може бути більш повним і успішним при використанні в дослідженнях коректних методів експерименту на тваринах [1, 2, 3, 123]. У зв'язку з цим ряд дослідників вивчали вплив фізичних навантажень на ріст і структуру довгих трубчастих кісток, використовуючи в своїх дослідах різних тварин [53, 67, 90, 96, 100]. У щурів і мишей, яких тренували бігом, виявили подовження плечової і стегнової кісток [81, 82, 210, 229, 233]. Під час тренування щенят у третбані [90] спостерігали збільшення поздовжніх розмірів усіх кісток кінцівок, в той час як поперечні



розміри довгих кісток збільшувались незначно. Зворотні результати отримали в своїх дослідженнях [26, 27, 34, 84, 154]. Вивчаючи кістки молодих щурів, [35, 36, 182] виявили, що інтенсивні статичні і динамічні фізичні навантаження викликають затримку росту кісток. Разом з тим, при вивченні росту довгих кісток тварин які, отримували динамічні фізичні навантаження, [13,42] відмітили збільшення довжини кісток, епіфізів і діафізів, зміну товщини і вигинів діафізів. Необхідно відмітити, що наукові праці з вікової перебудови кісткової тканини мають описовий характер і засновані на невеликій кількості спостережень. Висновки багатьох авторів не підтвержені законами статистики. Відсутність методологічної основи при постановці досліду є однією із основних причин різноголосся висновків ряду авторів щодо питань впливу фізичних навантажень на ріст і розвиток довгих кісток. Більшість дослідників [53, 90, 139,205] використали в дослідженнях різні види тварин, не враховуючи при цьому характер локомоцій та фізіологічність експериментальної моделі у природних умовах останніх і тому, здавалось би, подібні за постановкою експерименти призводили до протилежних результатів. Суть встановлених протиріч слід шукати за допомогою чіткого диференційованого підходу з єдиною методологічною основою. Так [35] показав, що помірна фізична робота викликає робочу гіпертрофію в тих кістках, які піддаються найбільшому навантаженню. А [108, 119, 174, 196] встановили, що початок фізичних навантажень в ранньому віці сприяє адаптації організму до інтенсивних фізичних навантажень. Вплив фізичної активності на кісткову щільність в різні вікові періоди, а також зміни маси кістки у спортсменів і вплив фізичного навантаження на мінеральну щільність кістки та у поєднанні з різними видами регулювання в кістках щурів у відповідь на виснажливі навантаження вивчали у своїх дослідженнях [50, 99, 167, 263, 272-274].

При цьому питання впливу динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності на структуру довгих кісток у віковому аспекті вивчено недостатньо, що і стало метою нашого експериментального дослідження.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Білі щурі були вибрані нами як об'єкт для дослідження тому, що мають порівняно невеликий життєвий цикл і безперервний ріст кісток скелета; це дозволяє протягом короткого часу прослідкувати процеси остеогенезу. Аналогічні зміни відбуваються у вищих ссавців протягом тривалого періоду. Поведінкові реакції білих щурів, порівняно з іншими тваринами, легко пристосовувати до певної моделі фізичного навантаження. Для вирішення поставлених задач був проведений експеримент на 180 білих безпородних лабораторних щурах-самцях. Всі тварини були поділені на три групи віком 60-120 днів (молоді щурі) вагою 120-180 г, 140-200 днів, вагою 200 – 250 г (зрілі щурі) і 560-620 днів (старечі щурі) вагою 300 – 400 г. Тварини утримувались у стандартних умовах віварію і підлягали щоденному огляду і зважуванню. Вибір цих вікових груп був здійснений згідно з класифікацією В.М. Махінько і В.Н. Нікітіна (1977), де молоді щурі віком від 60 днів відносяться до дорепродуктивного періоду, зрілі щурі віком від 140 днів - до репродуктивного періоду, старечі щурі віком від 560 днів складають пострепродуктивну групу. Тварини утримувались в стандартних умовах віварію. Їх годували за нормами, розробленими і затвердженими Міністерством охорони здоров'я СРСР № 163 від 10 березня 1966 року «Про норми годування лабораторних тварин “варіант №1“ ». За зовнішнім виглядом всі тварини, що брали участь в дослідженні, були здоровими. Моделлю фізичного навантаження слугував біг тварин у третбані, конструкція якого розроблена на кафедрі анатомії людини Тернопільського державного медичного інституту, авторське свідоцтво на винахід № 818/573 за методикою В.В.Алексеева, В.И.Безьязичного, 1969.

При моделюванні однотипних режимів фізичного навантаження ми провели їх стандартизацію для даних тварин в залежності від інтенсивності і виду навантаження. В наших дослідах ми розділили динамічні фізичні

навантаження на помірні та інтенсивні. При помірних фізичних навантаженнях тварини отримували 55 % від максимального навантаження, а інтенсивні – 80 %. Швидкість руху третбана складала 1,8 км/год, при якій всі тварини бігали добре.

За 5-6 тренувань щурі привчаються рівномірно бігти по стрічці, швидкість руху якої можна регулювати, що дозволяло градувати інтенсивність навантаження, які отримують тварини.

Максимальну швидкість руху, при котрій тварина ще утримувалась на стрічці, приймали за максимальну швидкість бігу, що відповідало методиці Сагалянова та Швидкого. В залежності від індивідуальних швидкісних якостей щурі комплектувались у групи по 6 тварин.

Тривалість бігу в різних вікових групах на початку експерименту складала 5-10 хвилин, а до кінця досліду досягала 90 хвилин. Після певного періоду тренування (20, 40, 60 днів) тварини виводились з експерименту шляхом декапітації під ефірним знечуленням.

Матеріалом для наших досліджень слугували плечові кістки, які після забою тварин скелетували, піддавали мацерації і знову скелетували. Після цього проводились стандартні остеометричні виміри з допомогою штангель-циркуля за методикою S. Duerst. Програма остеометрії включала такі показники: максимальна довжина кістки, ширина проксимального епіфіза, ширина дистального епіфіза, ширина середини діафіза, передньо-задній розмір середини діафіза.

Для вивчення мікроструктури компактної і губчастої речовини плечової кістки були використані гістологічні дослідження. При цьому брали фрагменти кістки із ділянок епіфізів і середини діафіза, які фіксували в 10 % розчині нейтрального формаліну, декальцінували в 5 % розчині мурашиної кислоти і заливали в целоїдинові блоки. Готували гістологічні зрізи на мікротомі товщиною в 10 – 15 мкм, які забарвлювалися гематоксилін-еозином, а також за Ван-Гізоном.

Морфометрію епіфізарного хряща проводили за наступною програмою: ширина епіфізарного хряща, ширина зони проліферуючого хряща, ширина зони дефінітивного хряща, об'єм загальної спонгіози, об'єм первинної спонгіози, глибина проникнення хрящової тканини в кістково-мозкову порожнину, довжина трабекул первинної спонгіози, кількість остеобластів первинної спонгіози. В програму морфометрії діафіза включали такі вимірювання: ширина внутрішніх оточуючих пластин, ширина зовнішніх оточуючих пластин, ширина остеонного шару, площа діафіза, площа кістково-мозкового каналу, діаметр остеона, діаметр каналу остеона.

Враховуючи той факт, що кістка є депо мінеральних речовин, проводили дослідження хімічного складу кісток. Вміст води у кістках визначали за різницею вологої та висушеної до постійної ваги у сушильній шафі кістки при температурі  $105^{\circ}\text{C}$ . Потім висушені кістки спалювали у муфельній печі при температурі  $450^{\circ}\text{C}$ . Вага попелу слугувала показником загальної кількості мінеральних речовин у кістці. На спектрофотометрі СФ-115 (метод Б.А. Семенко, М.М. Молдакулова (1980)) визначали кількісний вміст кальцію, калію, натрію, магнію, міді, марганцю, цинку, заліза та свинцю. Кількість фосфору визначали за Брігом на фотоелектрокалориметрі.

Одержаний в результаті експерименту цифровий матеріал був статистично оброблений з використанням критерію Стюдента на персональному комп'ютері за допомогою ліцензійної програми Microsoft Excel (USA). Достовірною вважали ймовірність помилки менше 5 % ( $p < 0,05$ ).

### РОЗДІЛ 3

## МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КІСТОК ІНТАКТНИХ ТВАРИН

### 3.1. Структурно-метаболичні особливості плечових кісток інтактних білих лабораторних щурів молодого віку

В процесі онтогенезу плечова кістка щура зазнає суттєвих змін, які проявляються у зміні форми, лінійних розмірів, а також перебудови її внутрішньої структури. Вважаємо, що співставлення відомостей, які отримані при макроскопічному дослідженні, з даними гістології, дозволяє більш повно виявити особливості кісткової перебудови, яка характеризує той чи інший віковий період. Наші дослідження вказують, що у молодих щурів віком 60 днів максимальна довжина плечової кістки становить  $23,51 \pm 0,71$  мм. Через 20 днів цей же показник у тварин (віком 80 днів) збільшується на 1,74 %. Максимальна довжина кістки у тварин віком 100, 120 днів, тобто через 40 та 60 днів експерименту, збільшується ще на 3,40 % і 5,57 %, відповідно.

У тварин віком 60 днів ширина проксимального епіфіза дорівнює  $4,09 \pm 0,11$  мм, у цій же групі тварин, через 20, 40, 60 днів спостереження даний показник збільшується на 2,69 %, 8,56 %, 11,49 % (див.табл. додатку А.1.)

Ширина дистального епіфіза у молодих тварин віком 60 днів становить  $6,41 \pm 0,43$  мм. У молодих тварин віком 80, 100, 120 днів ширина дистального епіфіза зростає на 0,47 %, 0,78 %, 3,12 % відповідно. Ширина середини діафіза у тварин віком 60 днів становить  $2,23 \pm 0,06$  мм. У тварин віком 80, 100, 120 днів цей же показник збільшується на 7,62 %; 17,94 %; 26,01 %. У інтактних тварин віком 60 днів передньо-задній розмір середини діафіза становить  $1,95 \pm 0,05$  мм, а далі збільшуться на 14,36 %; 39,49 %; 56,92 % відповідно.

Гістологічна структура епіфізарного хряща та кісткової речовини змінюється за 60 днів спостережень не так стрімко, як морфометричні

показники. На препаратах у зоні індиферентного хряща серед проміжної речовини спостерігаються хаотично розміщені хрящові клітини, навколо ядер помітна невелика кількість цитоплазми.

При малому збільшенні мікроскопа (x 56) хондроцити виглядають як чорні плями овальної або округлої форми. Лакуни є вмістилищем для 2-3 ізогенних хрящових клітин середнього та малого розміру. При збільшенні до x 100 і більше можна бачити стінку лакуни у вигляді темної лінії. Хрящову тканину навколо клітинних елементів формує проміжна речовина, яка представлена однорідною масою із сіруватим відтінком. З боку епіфіза зона індиферентного наросткового хряща утворює завихрення, які межують з кістковою пластинкою, кріплячи її до епіфіза кісток (рис. 3.1).

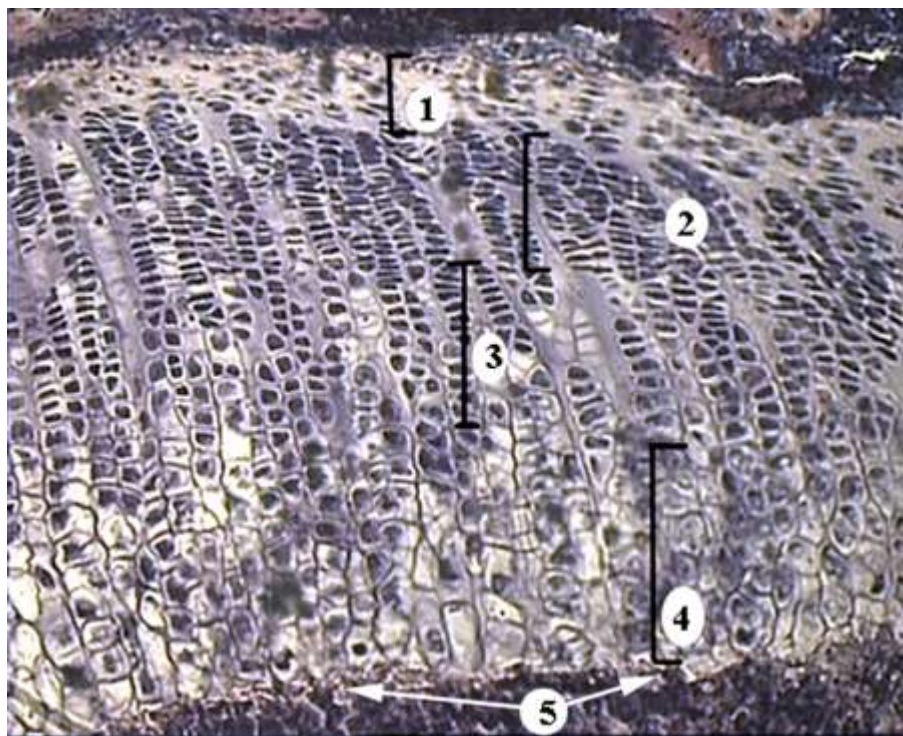


Рис. 3.1. Повздовжній зріз епіфіза плечової кістки інтактних щурів віком 60 днів.

1 - зона індиферентного хряща;

2 - зона проліферації;

3 - зона дефінітивного хряща;

4 - зона деструкції; 5 - зона первинного остеогенезу.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Зону розмноження хрящових клітин представляють хондроцити малих і середніх розмірів клиноподібної або чотирикутної форми із згладженими кутами. Колагенові волокна основної речовини, які розміщуються поздовжньо, організують хондроцити в колонки. Між сусідніми клітинами спостерігається більша товщина матриксу з боків, ніж між клітинами в межах колонки. Таким чином, хондроцити розташовуються один над одним у вигляді цеглинок або стовпчиків. У даному випадку можна побачити великі ядра клітин, які мають неправильну плоску форму і займають майже всю клітину (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Повздовжній зріз епіфіза плечової кістки інтактних щурів віком 120 днів.

1 - кісткова пластинка епіфіза;

2 - зона деструкції, руйнування між перегородками лакун;

3 - губчаста речовина діафіза, кістковий мозок.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

При збільшенні в 140 раз в хондроцитах представленої зони спостерігаються фігури мітозів. У зоні проліферації, що в центральній частині росткового хряща, колонки хондроцитів мають виражену повздовжню

орієнтацію. Ближче до периферійних відділів колонки набувають вигнутої форми.

У зоні дефінітивного хряща клітини також групуються у вигляді стовпчиків. Тут хондроцити збільшуються у розмірах і наближаються один до одного в межах ряду. Суттєво зменшується між рядами хондроцитів товщина прошарку міжклітинної речовини. Базофільність цитоплазми клітин втрачається. Лакуни хрящової тканини та клітини у них виглядають світлішими за навколишній матрикс, від якого вони відділяються більш темною тонкою стінкою. Тут можна спостерігати великі лакуни, що містять по дві клітини.

Зона деструкції є наступною у напрямку до діафіза. В даній зоні руйнуються дегенеровані хрящові клітини. Порожні лакуни обмежені тонкими стінками, тоді як стінка між сусідніми рядами є більш товстою. Сформовані таким чином канали відкритим кінцем сполучаються з комірками метафізу. Стінки каналів мають різну товщину, а їх просвіти викривлені, формують „нориці”, що з'єднують між собою сусідні канали.

В окремих каналах спостерігаються залишки хрящових клітин. Діафізарна частина зони деструкції у таких місцях нерівномірна, з вираженими зазубленнями в напрямку комірок губчастої речовини. Матрикс, що формує стінки між сусідніми каналами у периферійних відділах наросткового хряща, глибоко проникає в ділянку губчастої речовини кістки, формуючи таким чином перекладки, які з'єднують хрящову пластинку з компактною речовиною кістки.

Зона остеогенезу є початком губчастої тканини діафіза. Вона може проникати в зону деструкції і тоді біля клітин дефінітивного хряща зустрічаються остеобласти. Саме наявність остеобластів свідчить про її початок. Вони розміщуються на кальцинованих прошарках проміжної речовини, що залишилась від перегородок між рядами колонок хондроцитів. Навколо остеобластів утворюється молода кісткова тканина – первинна спонгіоза, яка формує трабекули разом з кальцинованим матриксом наросткового хряща.



Трабекули - це кісткові балки губчастої речовини. У кожній з таких трабекул помітний залишок звапненого хрящового матриксу - це центральна частина, а світла периферійна частина - це новоутворена кістка. Ближче до наросткового хряща трабекули тонкі, перериваються, утворюючи гострі краї, або переплітаються, утворюючи сітку різних форм. У центральних відділах трабекули коротші, перериваються комірками, які заповнені елементами кісткового мозку, а домінантний напрямок їх розташування є повздовжнім. Комірки між кістковими балками широкі, заповнені елементами кісткового мозку. Кісткові балки стають товстішими біля кістково-мозкової порожнини та утворюють зазублену стінку. Балки зливаються, утворюючи майже суцільну кісткову масу ближче до периферійних відділів кістки і зменшуючи площу комірок губчастої речовини.

Дані проведеної морфометрії свідчать, що ширина епіфізарного хряща плечової кістки у молодих тварин контрольної групи віком 60 днів становить  $244,27 \pm 1,44$  мкм. Відповідно у групі молодих тварин віком 80, 100, 120 днів ширина епіфізарного хряща зменшена на 2,63 %, 6,11 %, 6,24 % у порівнянні з попереднім показником.

Ширина зони проліферації становить  $153,51 \pm 4,02$  мкм у тварин віком 60 днів. Вона також зменшується протягом кожних 20-ти днів на 1,14 %; 1,55 %; 2,13 % відповідно.

Ширина зони дефінітивного хряща становить  $97,25 \pm 2,93$  мкм. Швидкість його звуження становить 0,27 %; 0,85 %; 1,07 % кожних 20 днів досліджуваного періоду.

Об'єм загальної спонгіози у тварин віком 60 днів становить  $57,28 \pm 0,47$  %, а у тварин віком 80, 100, 120 днів об'єм загальної спонгіози зменшується, відповідно на 32,02 %; 32,05 %; 32,23 %.

Усі інші морфометричні характеристики показані у (див.табл. додатка А.2.). Клітини кісткової тканини мають характерну структуру. Серед них виділяють остеобласти, кількість яких у первинній спонгіозі епіфіза плечової кістки на одиницю площі контрольних тварин віком 60 днів становить

46,77 ± 1,13шт. У тварин віком 80, 100, 120 днів кількість остеобластів первинної спонгіози зменшується через 20 днів - на 0,66 %, через 40 днів на - 2,99 %, а через 60 днів - на 3,40 %.

На гістологічних препаратах поперечного зрізу діафіза на зовнішній поверхні навколо компактної речовини кістки розміщується окістя, що має вигляд темної смужки. В усіх ділянках компактної речовини добре помітні остеонні пластинки та лінії цементації. Організація речовини ще зберігає деякі ознаки грубоволокнистої кістки через активні процеси перебудови, що притаманні даному віку (рис. 3.3).

Судинні канали з поздовжнім напрямком розташовані в центрі остеона. Іноді вони сполучаються каналами, що ідуть радіально. Усі канали невеликі, на перетині мають округлу або овальну форми, щільно огорнуті циліндрами остеонів. На їх стінках можна побачити базофільні клітини – остеобласти.

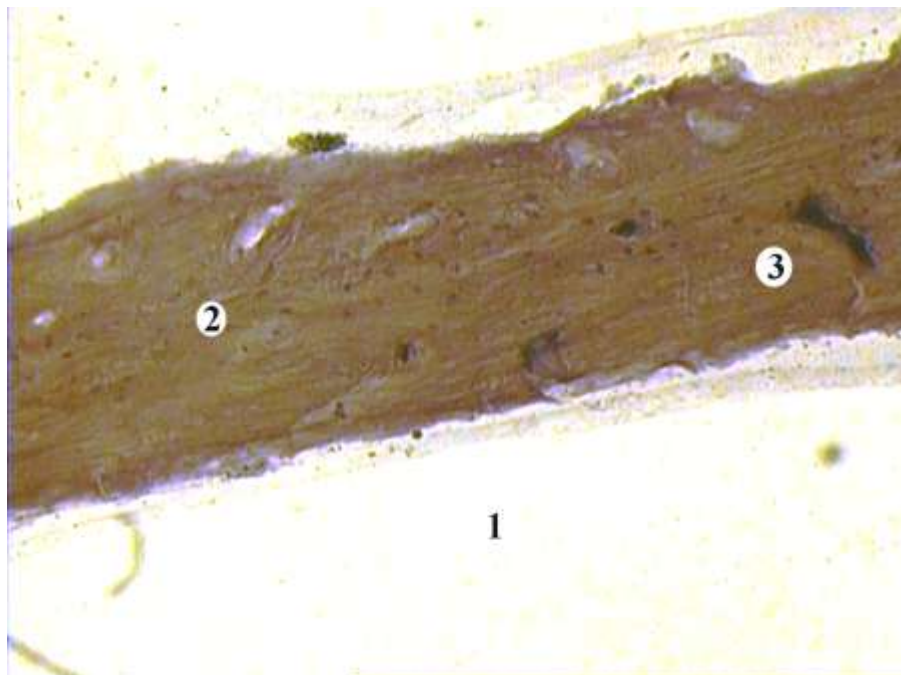


Рис. 3.3. Поперечний зріз діафіза плечової кістки інтактних щурів віком 60 днів.

1 - порожнина кістково-мозкового каналу;  
 2 - ділянки перебудови компактної речовини;  
 3 - розширений сполучний канал.  
 Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

У центральних відділах діафізів в ділянці остеонного шару міститься значно більше поздовжньо орієнтованих судинних каналів. Навколо них добре помітні колові пластинки остенів. Компактна речовина складається із трьох зон: 1-ша утворюється зовнішніми оточуючими пластинками; 2-га складається з остеонного шару; 3-тя побудована з внутрішніх оточуючих пластинок.

Судинні канали, які орієнтовані радіально, також проходять через шар внутрішніх оточуючих пластинок, з'єднуючи канали остеонів з кістково-мозковою порожниною. Центральні та з'єднувальні канали характеризуються збільшеним діаметром, сприяючи доброму кровопостачанню. Взаємодія з сухожилками допомагає формуванню горбистостей та кращому їх прикріпленню з окістям (рис. 3.4).

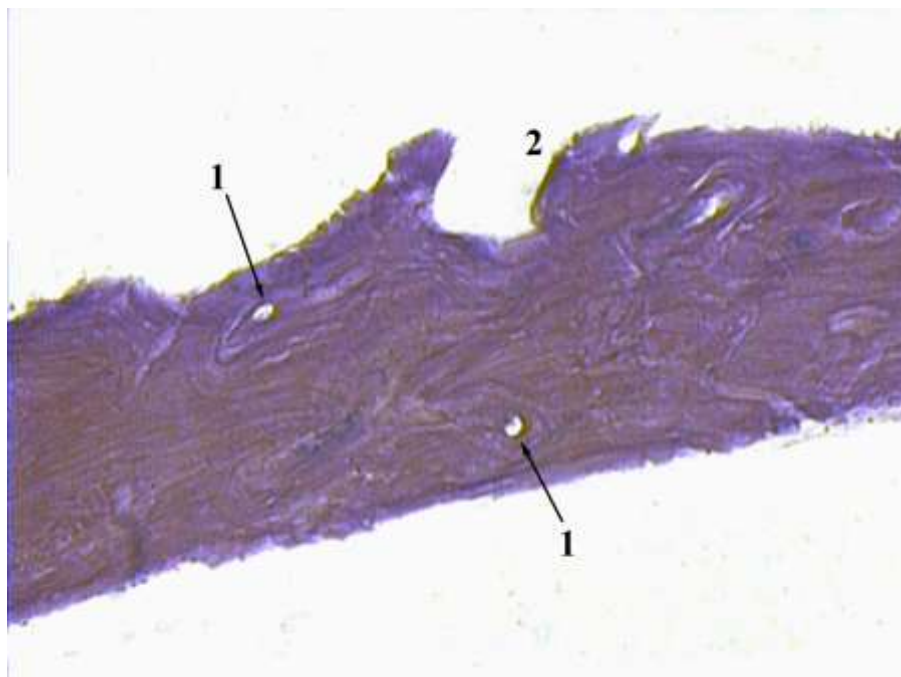


Рис. 3.4. Поперечний зріз діафіза плечової кістки інтактних щурів віком 120 днів.

1 - ділянки перебудови, розширений центральний остеонний канал;

2 - зона зовнішніх оточуючих пластинок, формування апофізів.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Зона внутрішніх оточуючих пластинок за будовою подібна до зовнішніх оточуючих пластинок. Вона відділяє остеонний шар від кістково-мозкової порожнини, і вкрита ендостом. У ній добре розглядаються контрастовані лінії

цементациї. Зона внутрішніх оточуючих пластинок переривається судинними каналами, які на відміну від зовнішніх оточуючих пластинок досить часто заходять у кісткову тканину з боку кістково-мозкової порожнини. У контрольних тварин віком 60 днів ширина внутрішніх оточуючих пластин діафіза плечової кістки становить  $87,17 \pm 2,27$  мкм, а ширина зовнішніх оточуючих пластин дорівнює  $120,11 \pm 0,98$  мкм.

Морфометричні зміни оточуючих пластинок у наступні 2 місяці змінюються незначно (в середньому на 0,33 % за 20 днів у сторону зменшення). Усі показники структур компактної речовини у молодих тварин і динаміка їх змін відображені в додатках (див. табл. додатку А.3).

При дослідженні хімічного складу плечової кістки молодих тварин віком 60 днів кількість води становила  $18,38 \pm 0,49$  % від маси кістки. Наступні вимірювання вказують на тенденцію до вікової дегідратації (див. табл. додатку А.4). Загальна кількість мінеральних речовин плечової кістки у тварин віком 60 днів дорівнює  $54,48 \pm 0,33$  % на суху речовину. У молодих тварин віком 80 днів цей показник збільшився на 1,95 %, віком 100 днів зріс на 9,75 %, і віком 120 – на 9,78 %.

Кальцій плечової кістки у контрольній групі тварин віком 60 днів становить  $23,68 \pm 0,57$  % (на попіл). У тварин віком 80 днів кількість кальцію збільшилась на 2,87 %, віком 100 днів - на 16,81 %, віком 120 днів - на 28,67 % у порівнянні з попередніми показниками.

Кількість фосфору в плечовій кістці тварин контрольної групи віком 60 днів становить  $12,28 \pm 0,30$  % у поперерахунку на сухий залишок, у тварин віком 80 днів цей показник збільшується на 0,49 %, у віці 100 днів - на 6,76 %, у віці 120 днів - на 21,42 %, відповідно. Загалом, усі досліджувані показники мінерального складу плечових кісток неухильно збільшувалися з віком, про що свідчать цифрові дані у таблиці (див. табл. додатку А.4).

Таким чином у інтактних тварин молодого віку відбувається інтенсивна перебудова кісткової тканини з активною мінералізацією органічного матриксу.

### 3.2. Структурно-метаболичні особливості плечових кісток інтактних білих лабораторних щурів зрілого віку

Проведене вивчення плечових кісток у зрілих тварин віком 140, 160, 180 та 200 днів вказує, що активний період росту скелета закінчився і не завжди можна віднайти достовірні відмінності між більшістю лінійних розмірів кісток лабораторних інтактних щурів за 20 днів спостережень. Однак, 40 і 60 днів, як правило, є достатнім часовим проміжком для досягнення достовірних змін у рості кісток тварин. При цьому темпи росту окремих структур не мають певної стабільної константи і можуть змінюватися скачкоподібно.

Так, у щурів віком 140 днів максимальна довжина плечової кістки становить  $24,84 \pm 1,64$  мм, а у тварин віком 200 днів максимальна довжина кістки сягає  $26,20 \pm 0,67$  мм, що становить 5,48 % простої кістки. Ширина проксимального епіфіза плечової кістки в групі тварин віком 140 днів становить  $4,97 \pm 1,13$  мм і за 60 днів спостережень збільшується на 16,50 % до  $5,79 \pm 0,17$  мм (див. табл. додатку Б.1).

Остеометричні показники діафіза плечових кісток 140-денних та 200-денних лабораторних щурів не можуть характеризуватися як достовірні, так як різниця між ними не перевищує 5 %. Передньо-задній розмір середини діафіза у тварин віком 140 днів становить  $3,69 \pm 0,09$  мм, і до 200 днів досягає  $3,86 \pm 0,10$  мм, тобто зростання становило 4,61 %.

При гістологічних дослідженнях росткової пластинки виявлено типову структуризацію хрящової тканини. В зоні розмноження хондроцити утворюють ряди, що розташовуються у міжклітинній речовині. У зоні спокою спостерігаємо численні ізогенні групи клітин. Клітини зони індиферентного хряща розташовуються безладно, їх можна знайти і в товщі трабекул губчастої речовини епіфіза (рис. 3.5). Деяке збільшення проміжної речовини та незначна інтенсивність забарвлення препарату є свідченням помірної метаболичної активності епіфізарної хрящової пластинки. Зональність росткової пластинки

виражена добре. Хондроцити, що знаходяться в стадії проліферації, формують колоноподібні поздовжньо орієнтовані структури. Зона росту включає у свої стовпці до 3-х хондроцитів. Найближчий до діафіза є найстарішим і найбільшим серед них.



Рис. 3.5. Повздовжній зріз через епіфіз плечової кістки інтактних щурів віком 140 днів.

- 1 - зона проліферації;
  - 2 - ізогенні групи хондроцитів в індиферентному шарі;
  - 3 - кісткова пластинка епіфіза;
  - 4 - трабекула молоді кісткової тканини метафіза.
- Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

На усіх етапах дослідження епіфізарних хрящів у зрілих білих лабораторних щурів 140-200-денного віку, структура хрящової пластинки практично однакова (рис. 3.6). На препаратах епіфізарного хряща спостерігаються нерегулярні скупчення проміжної речовини, які "розривають" колонку хрящових клітин і найчастіше розміщуються в області границі зон проліферації та дефінітивного хряща. У губчастій речовині діафіза на поверхні колишніх міжхондроцитарних перегородок розміщуються остеобласти. Їх

кількість у первинній спонгіозі зменшена. Відмічається перевага вторинної спонгіози над первинною.



Рис. 3.6. Повздовжній зріз через епіфіз плечової кістки інтактних щурів віком 200 днів.

1 - зона індиферентного хряща;

2 - зона проліферації;

3 - формування молодої кісткової трабекули.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Вивчення морфометричних показників у зрілих тварин контрольної групи віком 140 днів свідчить, що ширина епіфізарного хряща плечової кістки становить  $227,84 \pm 7,83$  мкм, у тварин віком 160 днів цей показник зменшився на 0,64 %, а у віці 180 і 200 днів подальше зменшення ширини епіфізарного хряща відбулося на 1,74 % і 2,19 %, відповідно. У тварин віком 140 днів ширина зони проліферації дорівнює  $149,67 \pm 3,83$  мкм. У наступні 60 днів зона звужилась на 1,68%. Зміни величинних характеристик усіх структур росткової пластинки у щурів зрілого віку мають аналогічний характер (див. табл. додатку Б.2). Об'єм первинної спонгіози становить у тварин віком 140 днів  $50,46 \pm 1,31$  %, у тварин віком 160 днів даний показник зменшився на 1,09 %, віком 180 днів - на 1,41 % і віком 200 днів - на 2,54 %, відповідно. Глибина

проникнення хрящової тканини в кістково-мозкову порожнину плечових кісток у тварин віком 140 днів становить  $5,09 \pm 0,04$  мкм, протягом наступних 60-ти днів експерименту у віці 200 днів його величина зменшується на 1,96 % відповідно. Довжина трабекул первинної спонгіози у тварин віком 140 днів дорівнює  $491,24 \pm 20,58$  мкм і подальший їх ріст відбувається настільки повільно, що за 60 днів спостережень не сягає межі достовірності. Кількість остеобластів первинної спонгіози у тварин віком 140 днів становить  $33,77 \pm 0,86$  шт. і за 60 днів залишається на тій же величині.

На гістологічних препаратах діафіза плечової кістки помітні добре виражені зони, які має компактна речовина (рис. 3.7). Вона має типову пластинчасту структуру із щільно розташованими системами остенів. Лише іноді в поле зору потрапляють пластинки із зміщеним каналом остеона краплеподібної форми. Ще рідше в таких остеонах можна натрапити на лакуни резорбції з наявним у ній остеобластом, що є свідченням перебудови та тканинної фізіологічної регенерації у кістковій тканині (рис. 3.8).



Рис. 3.7. Поперечний зріз діафіза плечової кістки інтактних щурів віком 140 днів.

1 - шар внутрішніх оточуючих пластинок;

2 - шар зовнішніх оточуючих пластинок;

3 - остеонний шар.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.



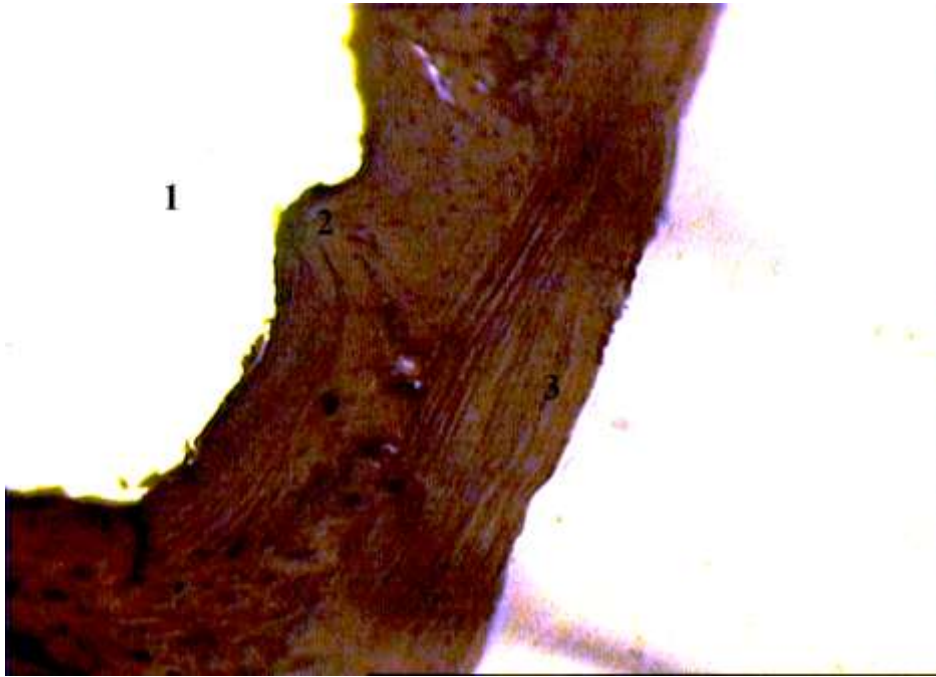


Рис. 3.8. Поперечний зріз діафіза плечової кістки інтактних щурів віком 200 днів.

1 – кістково-мозкова порожнина;

2 - шар внутрішніх оточуючих пластинок;

3 - шар зовнішніх оточуючих пластинок.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

У діафізі плечової кістки тварини контрольної групи віком 140 днів ширина внутрішніх оточуючих пластин становить  $86,06 \pm 0,51$  мкм, ширина зовнішніх оточуючих пластин діафіза плечової кістки у тварин віком 140 днів становить  $110,19 \pm 2,89$  мкм. Наступні дослідження вказують на звуження ширини оточуючих пластин на 3,46 – 3,75 % протягом 20-тиденного інтервалу, що формує достовірну різницю за 60 днів спостережень.

У тварин віком 140 днів ширина остеонного шару становить  $261,24 \pm 10,81$  мкм, а площа діафіза  $5,81 \pm 0,05$  мм<sup>2</sup>. Наші повторні дослідження з періодичністю 20 днів вказують на збільшення даних параметрів. У віці 200 днів ширина остеонного шару становить  $266,15 \pm 6,94$  мкм, тоді як площа діафіза становить  $6,52 \pm 0,20$  мм<sup>2</sup> (див. табл. додатку Б.3).

Площа кістково-мозкового каналу діафіза плечової кістки становить  $1,70 \pm 0,02$  мм<sup>2</sup> у віці 140 днів. У групах тварин віком 160, 180, 200 днів цей розмір зменшується на 3,53 %; 4,12 % і 4,71 %, відповідно.

Діаметер остеона діяфіза плечової кістки тварин контрольної групи віком 140 днів становить  $32,41 \pm 0,83$  мкм; відповідно у тварин віком 160, 180 і 200 днів цей показник зростає на 1,14 %; 7,78 %; 9,53 % .

Діаметр каналу остеона у тварин віком 140 днів становить  $15,57 \pm 0,38$  % мкм і майже не змінюється протягом наших спостережень до 200 денного віку.

Кількість води в плечовій кістці тварин контрольної групи віком 140 днів становить  $31,83 \pm 0,81$  %. Протягом 60-ти днів спостерігаємо вікову дегідратацію кістки до рівня  $31,10 \pm 0,02$  % у 200-денних тварин.

У період життя щурів 140-200 днів спостерігаємо стабільне збільшення мінералізації плечових кісток тварин, що опосередковано вказує на посилення міцності кісток. Цифрові показники наших хімічних досліджень наведено в таблиці. Б.4.

### 3.3. Структурно-метаболичні особливості плечових кісток інтактних білих лабораторних щурів з вираженими старечими змінами

Виміри лінійних розмірів кісток у контрольних групах старечих білих лабораторних щурів віком 560, 580, 600 і 620 днів представлені у таблиці В.1. Різниця остеометричних показників у даних групах є недостовірною, хоча тенденція зростання зберігається. У контрольній групі тварин віком 560-620 днів максимальна довжина плечової кістки становить  $28,10 \pm 0,09$ – $28,63 \pm 0,72$ мм. Ширина проксимального епіфіза плечової кістки у контрольній групі тварин старечого віку становить  $5,90 \pm 0,15$  -  $6,63 \pm 0,14$  мм.

Ширина середини діяфіза плечової кістки у контрольній групі тварин віком 560 днів становить  $2,94 \pm 0,05$ мм, віком 580, 600, 620 днів цей показник збільшується на 3,40 %; 3,74 %; 4,42 %, кожні 20 днів.

Передньо-задній розмір середини діяфіза кістки у тварин віком 560 днів дорівнює  $3,94 \pm 0,09$ мм. В наступні 20, 40, 60 днів спостережень цей показник збільшується на 2,79 %, 3,81 %, 4,31 %.

Проведені гістологічні дослідження проксимальних наросткових хрящів плечових кісток виявили типову будову. Однак, в структурі хряща відмічається нечітка зональність, хоча стовпчаста будова зони проліферуючих клітин збережена. Збережена також типова орієнтація хрящових колонок у ростковій пластинці. Хондроцити зони індиферентного хряща дрібні, розташовані ізогенними групами по 2-3 клітини у лакунах або поодинокі. Спостерігається нерівномірність межування із зоною стовпчиків молодих проліферуючих хрящових клітин. Стовпчики у зоні розділяються між собою значним прошарком основної речовини. А в межах ряду хрящові клітини прилягають одні до одних значно щільніше (рис. 3.9). Концентрація міжклітинної речовини досить часто безладно "розштовхує" колонки хрящових клітин.

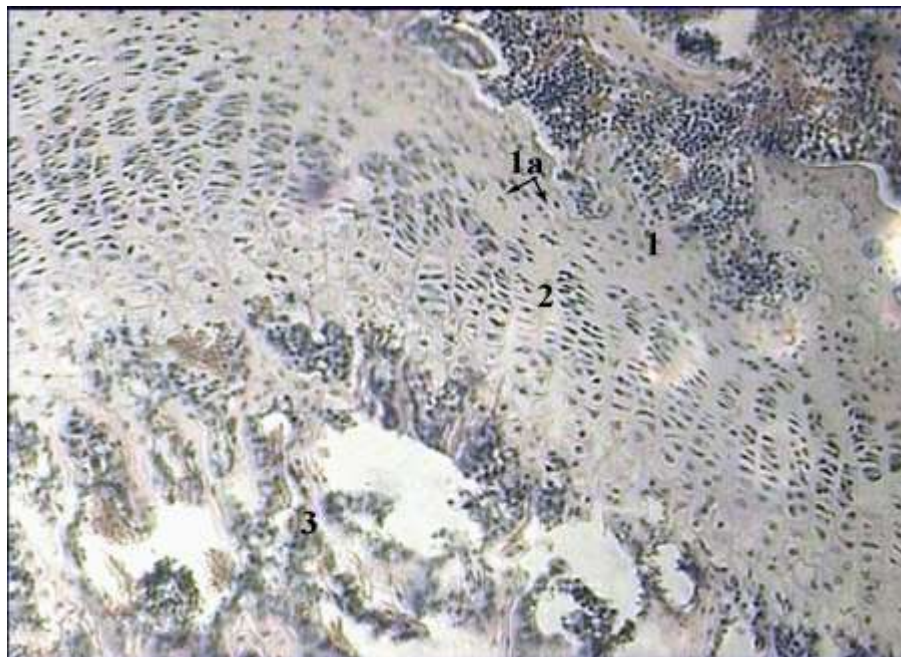


Рис. 3.9. Повздовжній зріз через епіфізарний хрящ плечової кістки інтактних щурів віком 560 днів.

1 - зона індиферентного хряща;

1a - стінки лакун хрящових клітин;

2 - зона проліферації;

3 - молоді трабекули губчастої речовини діафіза.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Дефінітивна зона росткової пластинки містить зрілі хрящові клітини. Наступна зона деструкції значно світліша через руйнування вмісту клітин

хрящів. Значно зменшується кількість основної речовини, що формує стінки хрящових колонок. Зона первинного остеогенезу важко диференціюється через значне сповільнення синтетичних процесів. Морфометричні дослідження епіфізарної хрящової пластинки вказують на загальмованість динаміки розвитку у порівнянні з групою зрілих тварин. Ширина наросткового хряща плечової кістки незначна через зменшення, в основному, ширини зони проліферуючих клітин. В колонках зони дефінітивного хряща міститься переважно 2-3 клітини. Поблизу росткової пластинки губчаста речовина епіфізів крупнокомірчаста. Відбувається звапнення новоутвореної кісткової тканини, яка є найбільш зрілою біля кістково-мозкового каналу і формує вторинну спонгіозу. Вона утворює верхню стінку кістково-мозкової порожнини у вигляді зубців з боку епіфіза (рис. 3.10).

Також зменшується об'єм загальної спонгіози. Меншає у зоні остеогенезу кількість остеобластів (табл. В.2 додатка).

Аналізуючи зміни морфометричних показників плечової кістки старечих тварин віком 560 - 620 днів, констатуємо недостовірне зменшення ширини епіфізарного хряща від  $221,65 \pm 10,67$  до  $217,22 \pm 6,76$  мкм. Що залишається все ж недостовірною величиною.

Ширина зони проліферації проксимального епіфіза у інтактних тварин віком 560 днів становить  $146,88 \pm 3,83$  мкм. За 60 денний час спостереження вона звузилась всього лиш на 1,97 %.

Ширина зони дефінітивного хряща плечової кістки тварин віком 560 – 620 днів становить  $92,64 \pm 2,20$  -  $91,41 \pm 0,29$  мкм.

Об'єм загальної спонгіози у тварин віком 560 днів становить  $26,95 \pm 0,16$  %, віком 580 днів він суттєво зменшується на 20,07 %, і продовжує зменшуватися у тварин віком 600 та 620 днів - на 20,59 %, та 23,82 %, відповідно.

Об'єм первинної спонгіози у інтактних тварин віком 560 днів становить  $48,79 \pm 1,28$  %, а після 580 днів життя зменшується на 4,14 %, після 600 днів - на 5,14 %, після 620 днів - на 5,49 %.

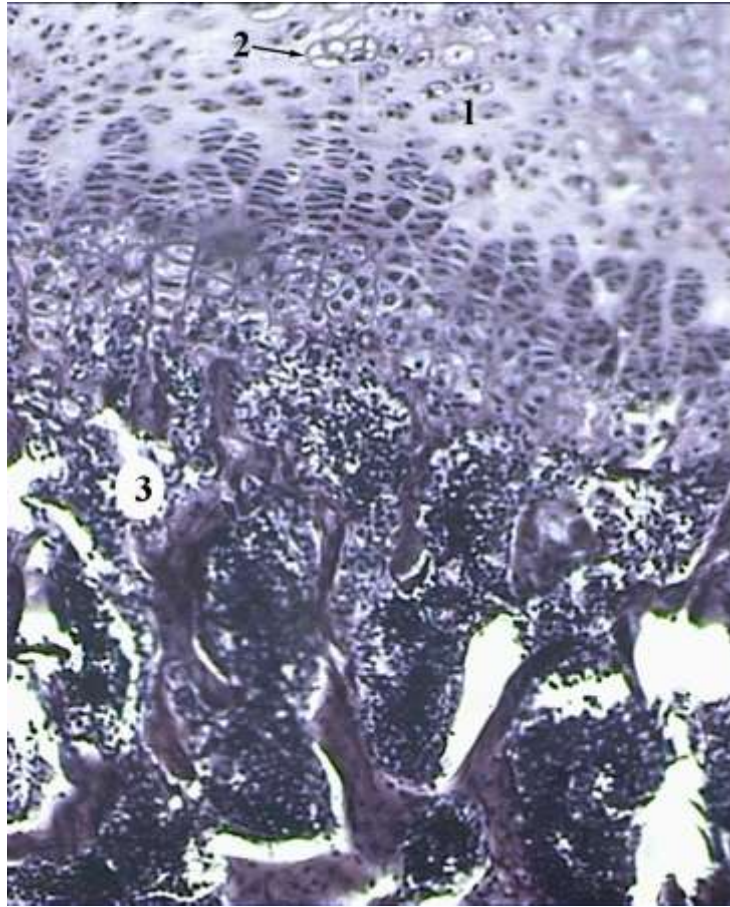


Рис. 3.10. Повздовжній зріз через епіфізарний хрящ плечової кістки інтактних щурів віком 620 днів.

1 - зона індиферентного хряща;

2 - стінки лакун;

3 - комірки губчастої речовини з клітинами кісткового мозку.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Глибина проникнення хрящової тканини в кістково-мозкову порожнину у групі контрольних тварин віком 560 днів становить  $5,07 \pm 0,13$  мкм і поступово зменшується до  $4,94 \pm 0,13$  мкм у тварин віком 620 днів.

Довжина трабекул первинної спонгіози у тварин контрольної групи віком 560 днів становить  $486,18 \pm 3,99$  мкм і зменшилася більш як на 14 % за 60 днів спостережень. Кількість остеобластів первинної спонгіози у контрольній групі тварин віком 560 днів становила  $33,89 \pm 0,87$  шт і проявила тенденцію до зменшення, однак не виходила за межі похибки.

В центральних відділах діафіза компактна кісткова речовина зберігає типову структуру, яка складається із зони зовнішніх оточуючих пластинок, остеонного шару та зони внутрішніх оточуючих пластин.

Виділяються окремі шари оточуючих пластинок у вигляді темних ліній цементації, що розташовуються паралельно до зовнішньої поверхні і місцями сходяться та розходяться (рис. 3.11).

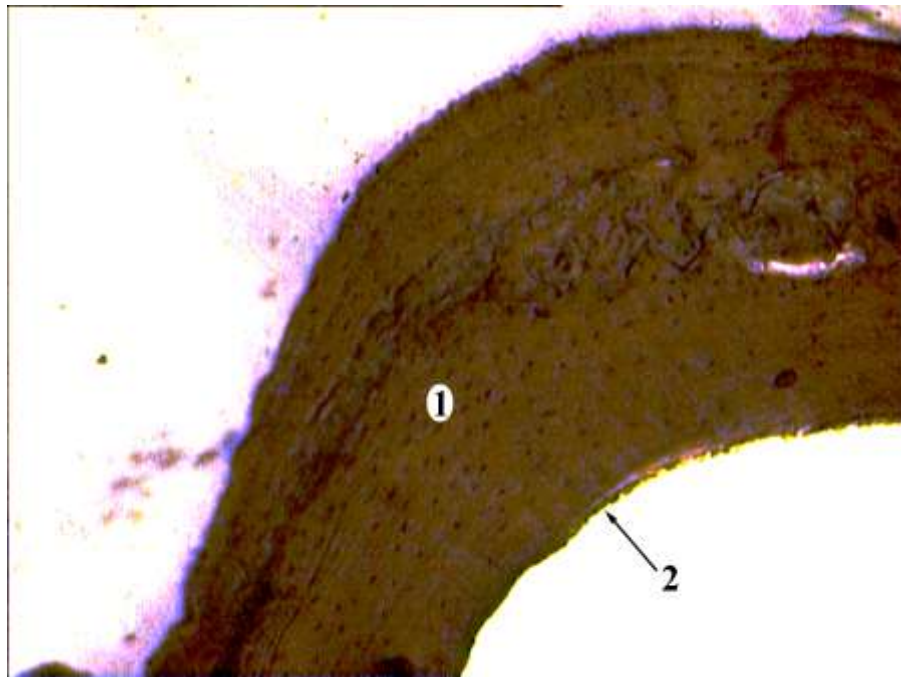


Рис. 3.11. Поперечний зріз діафіза плечової кістки інтактних щурів віком 560 днів.

1 - остеонний шар кістки, зріла кісткова речовина;

2 - фіброзний шар ендосту кістки.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Канали остеонів розміщуються в центрі гаверсових систем. Ширина внутрішніх оточуючих пластинок часто тонша за зовнішню. Новоутворена остеїдна тканина зустрічається рідко. Лінії склеювання добре виражені і добре відділяють остеонний шар компактної речовини від шару внутрішніх оточуючих пластинок та шару зовнішніх оточуючих пластинок (рис. 3.12).

Гаверсові системи остеонного шару характеризуються збільшеним діаметром остеонів та малим центральним каналом, що переважно справді займає центральне положення.

Ширина внутрішніх оточуючих пластин діафіза плечової кістки інтактних тварин у віці 560 днів становить  $82,61 \pm 2,49$  мкм, а у віці 620 днів зменшується на 13,09 %, відповідно.

Ширина зовнішніх оточуючих пластинок за час спостереження становить  $113,64 \pm 3,05 - 106,69 \pm 2,85$  мкм. Ширина остеонного шару діафіза у старечій групі тварин, віком 560-620 днів становить  $268,09 \pm 18,25 - 253,89 \pm 4,87$  мкм.

У контрольних тварин віком 560 днів площа діафіза плечової кістки становить  $8,72 \pm 0,21$  мм<sup>2</sup> і має тенденцію до збільшення (на 2,41% за 60 днів спостережень). Площа кістково-мозкового каналу діафіза у інтактних тварин 560-620 днів становить  $1,60 \pm 0,04 - 1,13 \pm 0,02$  мм<sup>2</sup> (табл. В.3. додатків).

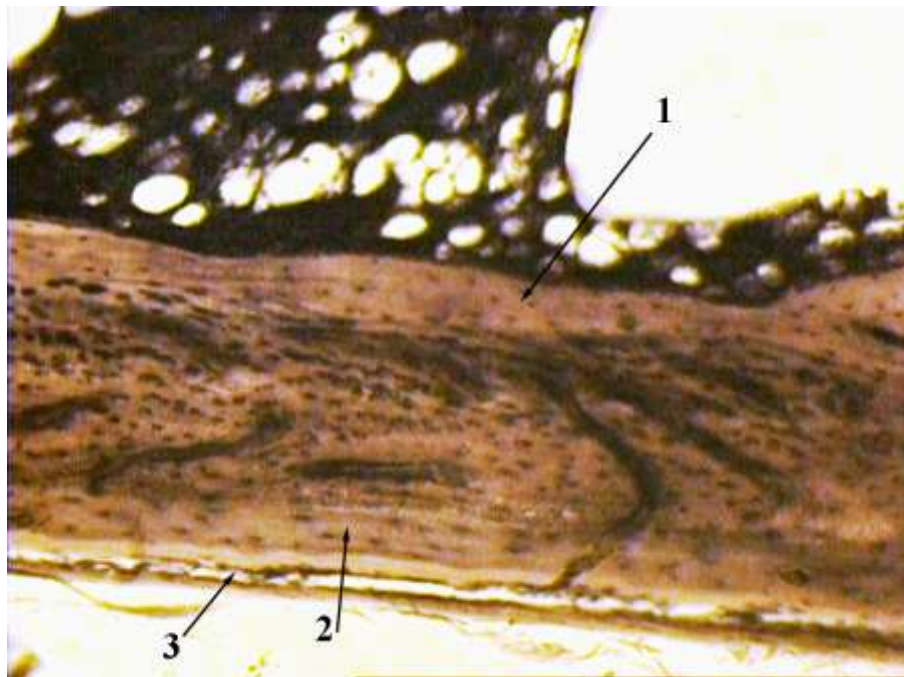


Рис. 3.12. Поперечний зріз діафіза плечової кістки інтактних щурів віком 620 днів.

1 - шар внутрішніх оточуючих пластинок;

2 - шар зовнішніх оточуючих пластинок;

3 - периост.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Діаметр остеонів діафіза у тварин віком 560 - 620 днів становить  $36,25 \pm 0,93 - 37,82 \pm 1,00$  мкм.

Діаметр каналу остеона становить  $15,51 \pm 0,40 - 15,48 \pm 0,40$  мкм.

Вологість плечової кістки у тварин віком 560 днів сягає  $30,04 \pm 0,77$  %. Загальна кількість мінеральних речовин у плечовій кістці контрольних тварин цього ж віку становить  $67,64 \pm 1,73$  % на суху речовину. Кількість кальцію і фосфору у цих же тварин становить  $40,39 \pm 0,98$  %;  $21,03 \pm 0,56$  % у перерахунку на попіл. Вміст натрію і калію -  $3,46 \pm 0,08$  %,  $4,03 \pm 0,07$  %. Кількість магнію -  $5,03 \pm 0,12$  % на попіл. Кількість міді і заліза становить  $37,62 \pm 0,90$  мг % і  $2,37 \pm 0,06$  мг %. Кількість марганцю, цинку, свинцю -  $16,71 \pm 0,40$  мг %,  $764,77 \pm 14,76$  мг %,  $9,28 \pm 0,24$  %, відповідно.

Протягом досліджуваного часу 20, 40, та 60 днів у старечих тварин спостерігали зменшення рівня гідратації кісткової тканини та неухильне зростання показників мінералізації (табл. В.4 додатків).

У тварин контрольної групи молодого, зрілого та старечого віку спостерігається неоднорідна зміна показників розвитку плечової кістки. Найбільш активний ріст остеометричних, морфометричних та хіміко-аналітичних показників спостерігали у молодих та зрілих тварин, а у старечій групі тварин вони сповільненні. Це є характерним для даних тварин. Одержані в результаті спостережень та досліджень дані в подальшому будуть слугувати для порівняння з експериментальними групами тварин.

Основні положення розділу висвітлені у науковій праці [27, 52, 61].



## РОЗДІЛ 4

### МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ ПЛЕЧОВИХ КІСТОК У ТВАРИН МОЛОДОГО ВІКУ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

4.1. Динаміка структурно-метаболічних змін плечових кісток білих лабораторних щурів-самців молодого віку за умов впливу помірних фізичних динамічних навантажень

Дослідження лінійних розмірів плечових кісток щурів, що перенесли помірні динамічні навантаження, виявили зростання їх величин відносно контролю. З дослідження видно, що у молодих щурів, які отримували помірні динамічні навантаження протягом 20-ти днів, максимальна довжина плечової кістки збільшилась на 0,38 %. Протягом 40 днів ще на 0,70 %, протягом 60-ти днів – на 0,48 % у порівнянні з відповідним контролем.

Помірні динамічні фізичні навантаження протягом 20-ти днів викликають у піддослідних тварин збільшення ширини проксимального епіфіза на 1,43 %, протягом 40 днів - на 0,45 %. протягом 60-ти днів - на 1,10 %.

Трохи менша різниця виявлена при оцінці змін ширини дистального епіфіза. У тварин, які протягом 20-ти днів отримували помірні фізичні навантаження, ширина епіфіза збільшується на 0,78 %, протягом 40 днів - на 1,55 %, протягом 60 днів – на 1,21 % у порівнянні з контролем.

Ширина середини діафіза плечової кістки зростає на 0,83 % у тварин, які протягом 20-ти денного експерименту отримували динамічні помірні фізичні навантаження, протягом 40 днів - на 1,90 %, протягом 60-ти днів – 3,91 %.

З такою ж закономірністю змінюється передньо-задній розмір середини діафіза плечових кісток. (див. табл. додатка А.1).

Отже, помірні динамічні фізичні навантаження викликають прискорення поздовжнього і поперечного росту довгих трубчастих кісток тварин. Поздовжній ріст кістки при цьому змінюється значно більше. При порівнянні

темрів росту епіфізарних та діафізарних частин плечових кісток звертає на себе увагу закономірність превалювання змін в діафізах над епіфізами.

У наростковому хрящі в зоні індиферентного хряща та в початкових відділах зони проліферації хондроцити знаходяться в первинних лакунах, утворюючи ізогенні групи по 2-3 дочірні клітини, які мають округлі ядра, що розміщуються центрально. Колонки хондроцитів росткової пластинки надзвичайно добре експресовані, значну частину хряща займає зона розмноження клітин. Добре прослідковується зона первинного остеогенезу (рис. 4.1).

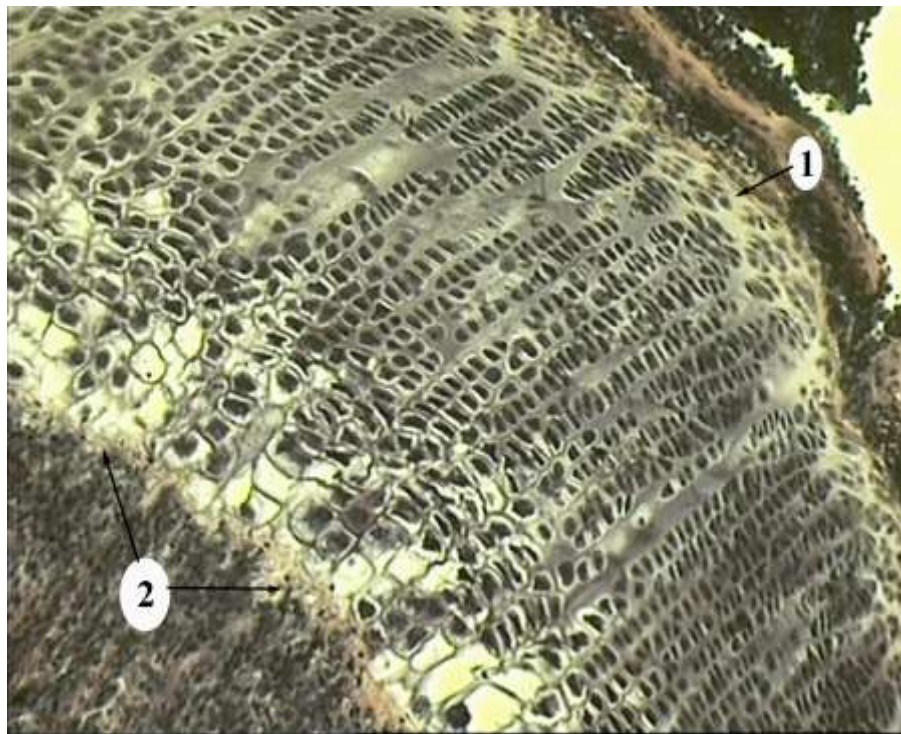


Рис. 4.1. Епіфізарний хрящ на повздовжньому зрізі через проксимальний епіфіз плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 20-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - зона індиферентного хряща;

2 - шар клітин первинного остеогенезу.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Зона індиферентного хряща, що безпосередньо межує з епіфізом, представлена хондроцитами середнього розміру, які розкидані хаотично у

проміжній речовині. В деяких місцях цієї зони хрящ відділяється від епіфіза порожнинами, що містять кровоносні судини.

В зоні проліферації знаходяться дрібні хондроцити, які мають клиноподібну форму, їх ядро переважно розташовується ексцентрично, ближче до вузького краю. Клітини накладаються одна на одну і таким чином формують колонки, що розташовані перпендикулярно до поверхні епіфізарної хрящової пластинки в центральних відділах епіфізарного хряща. В периферійних відділах „колонки” можуть відхилятися від поздовжньої осі кістки. В клітинах зони виявляються чисельні фігури мітозів. Площини, в яких проходять мітози, сильно варіюють. Організація хрящових клітин колонки підтримується пучками колагенових фібрил, що йдуть у поздовжньому напрямку в перегородках міжклітинної речовини (рис. 4.2).

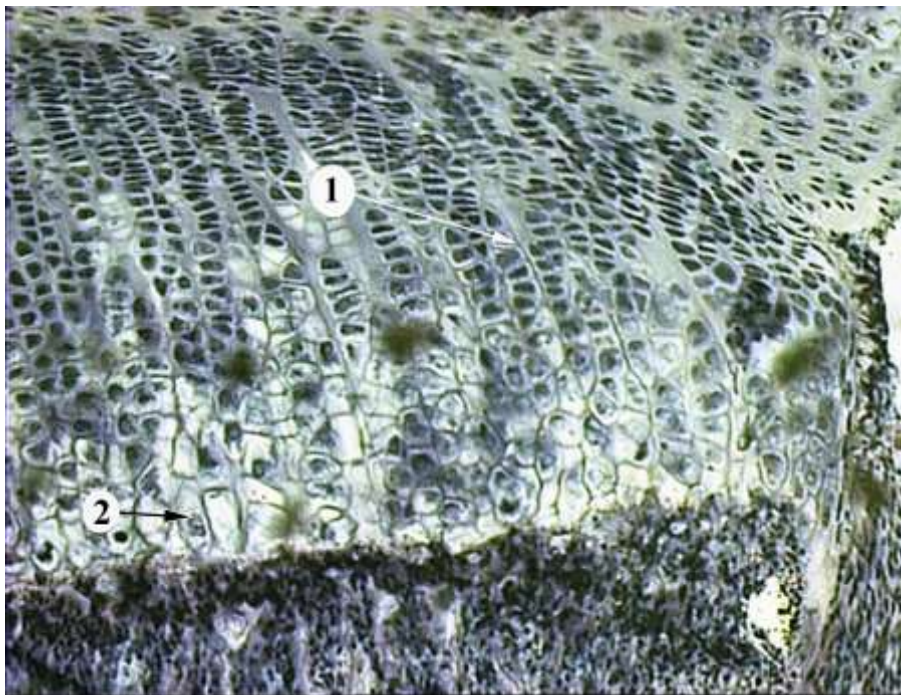


Рис. 4.2. Повздовжній зріз епіфізарного хряща плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 40-а днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - фіброзно-еластичні елементи проміжної речовини хрящової тканини;

2 - руйнування ядра хрящової клітини в зоні деструкції.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Зона дефінітивного хряща містить хрящові клітини на різних стадіях дозрівання. Вони теж організовані в колонки. Ті з них, які знаходяться ближче до зони проліферації, найменш зрілі, а ті, що розміщені ближче до діафізу, набувають найбільшого розвитку. Цитоплазма і ядра хондроцитів в дефінітивному стані слабше приймають барвники. В ході процесу дозрівання клітини збільшуються, займають більше місця і тому епіфізарна хрящова пластинка збільшується. Зона дефінітивного хряща зливається із зоною деструкції.

Зона деструкції дуже тонка, її товщина відповідає діаметру однієї або декількох клітин, однак виміряти її досить складно, тому що межі між зонами нечіткі (рис. 4.3).

Клітини зони мають неправильну форму, слабо забарвлюються, вони часто втрачають ядра. В порожнинах зони знаходяться клітини ендотелію, еритроцити та інші елементи.



Рис. 4.3. Епіфізарний хрящ на повздовжньому зрізі через проксимальний епіфіз плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 60-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - зона проліферації межує з зоною дефінітивного хряща;

2 - шар клітин первинного остеогенезу.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Ця зона межує безпосередньо з діафізом, і в неї проникають капіляри та остеогенні клітини.

Саме тут починається первинний остеогенез. Зона первинного остеогенезу – це вже губчаста речовина діафіза. Її формують чисельні судини у вигляді сліпих розширених закінчень і тонкі слабо забарвлені пластинки кісткової тканини, з яких розвиваються трабекули губчастої кістки.

Таким чином, дослідження епіфізарного хряща плечової кістки експериментальних тварин, що одержували помірні динамічні навантаження, вказує на сповільнення фізіологічних інволютивних процесів розвитку наросткового хряща під впливом помірних фізичних динамічних навантажень. У щурів, які отримували помірні динамічні фізичні навантаження, ширина епіфізарного хряща збільшується на 1,08%, 3,57% та 2,48% протягом 20-ти, 40 та 60 днів експерименту. (див табл. додатка А.2).

У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження динамічного характеру протягом 20-ти днів, ширина зони проліферації збільшилась на 0,21 %, протягом 40 днів - на 0,07 % і на 0,23 % після 60-ти днів експерименту. В аналогічні періоди дослідження ширина зони дефінітивного хряща зменшувалась на 0,02 %, 0,09 % на 0,41 %, відповідно.

В усі періоди спостережень відмічали підвищений об'єм первинної спонгіози у порівнянні з контролем, що також є свідченням прискорення остеосинтетичних процесів.

У плечовій кістці тварин, які отримували помірні навантаження протягом 60-ти днів, фіксували приріст об'єму загальної спонгіози та його переважання над контрольними показниками, в той час як у контрольних тварин динаміка показників загальної спонгіози мала тенденцію зменшення.

Вивчаючи глибину проникнення хрящової тканини в кістково-мозкову порожнину у молодих тварин, які отримували фізичні навантаження помірною характеру протягом 20, 40 та 60-ти днів, визначили, що цей показник не мав певного стабільного розвитку, а коливався в межах 4,41 – 9,74 % від контрольних показників.

Залишається також стабільною довжина трабекул первинної спонгіози у тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом експериментального періоду.

Однак, проявилася тенденція до збільшення кількості остеобластів первинної спонгіози у тварин, що одержували помірні динамічні навантаження. При цьому їх кількість у контрольній групі, навпаки, зменшувалася (див. табл. А.2 додатка).

При гістологічному дослідженні діафіза плечових кісток експериментальних щурів, які одержували помірні фізичні навантаження, виявлено добре виражену структуру пластинчастої тканини на зони: зовнішні оточуючі пластини, внутрішні оточуючі пластини, остеонний шар. Відбувається остаточне оформлення кісткової тканини в точно орієнтовані системи остеонів. Їх центральні канали відносно широкі, мають сполучення поміж собою та з живильними отворами, які скріплені проміжними пластинами. Лінії цементації помірно виражені.

Загалом, за період експерименту ширина внутрішніх оточуючих пластинок майже не змінювалася.

Тренування молодих тварин помірними динамічними навантаженнями протягом 60-ти днів не викликало помітних для світлової мікроскопії морфологічних змін в компактній речовині діафіза (рис. 4.4, 4.5, 4.6).

При визначенні ширини зовнішніх оточуючих пластинок відмітили прискорені темпи її звуження у порівнянні з контрольними показниками, однак за статистичними нормами вона не є достовірною ( $P > 0,5$ ).

У молодих тварин, які отримували протягом 20-ти днів експерименту помірні фізичні навантаження, ширина остеонного шару розширена на 1,71 %, протягом 40 днів - ще на 4,13 %, протягом 60-ти днів - ще на 5,77 %.

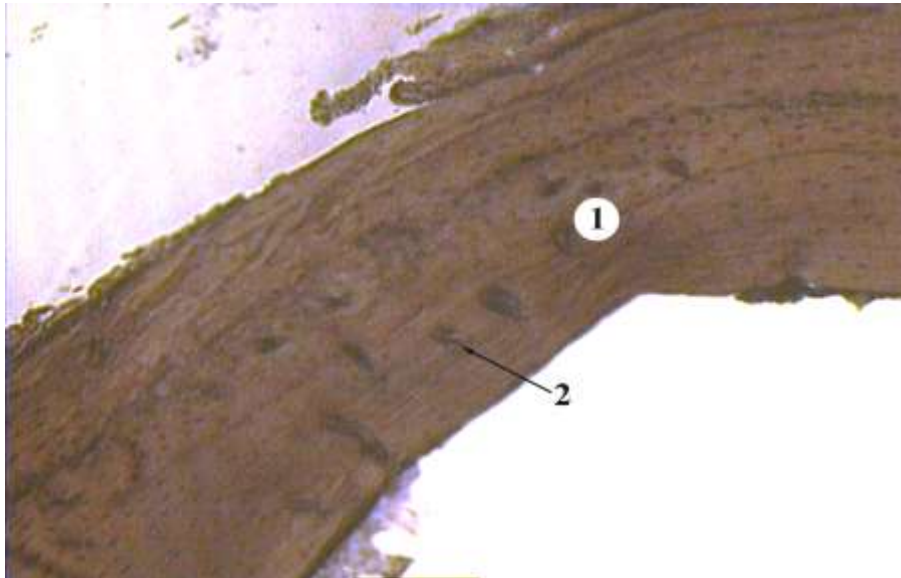


Рис. 4.4. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 20-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - остеонний шар кістки лінії, цементації та ділянки перебудови;

2 - остеокласти в центральному каналі остеона.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

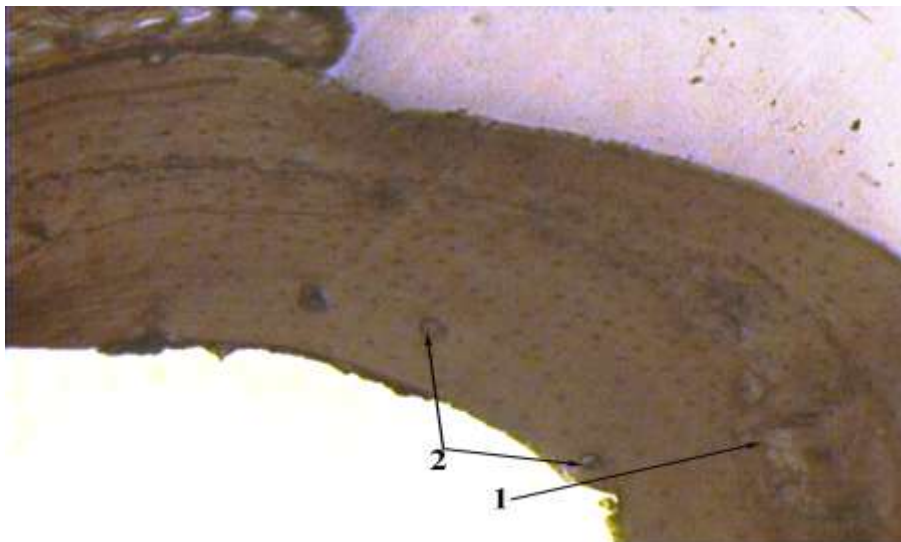


Рис. 4.5. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 40-ка днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - ділянки перебудови кісткової речовини, формування остеоїду;

2 - розширені центральні канали остенів.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

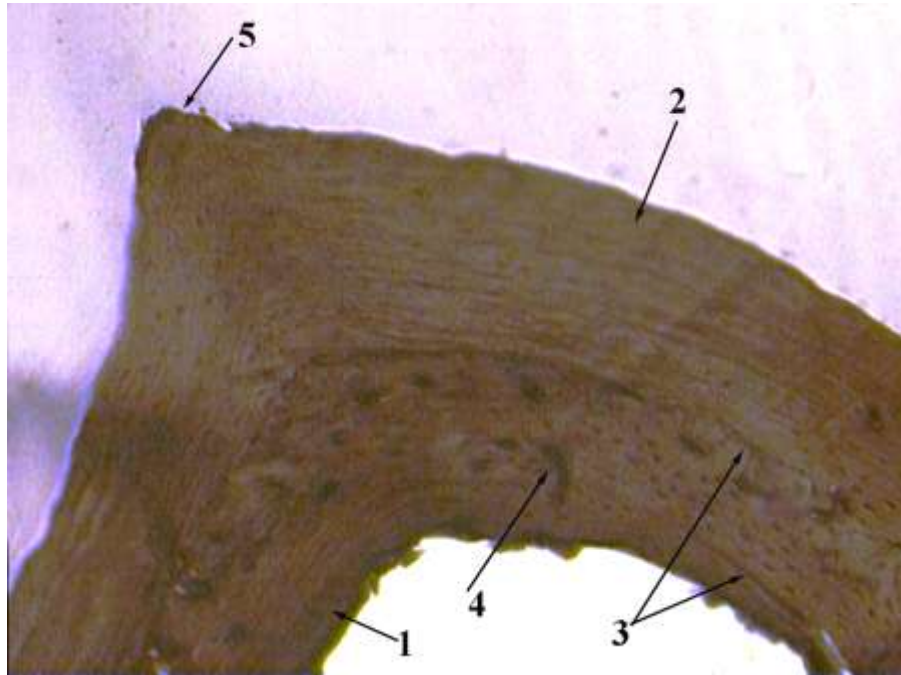


Рис. 4.6. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 60-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

- 1 - шар внутрішніх оточуючих пластинок;
  - 2 - шар зовнішніх оточуючих пластинок;
  - 3 - лінії цементації;
  - 4 – сполучний канал остенів (фолькманівський канал)
  - 5 - формування апофізів (горбистості кістки).
- Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

На основі проведеного експерименту було встановлено, що у молодих тварин, які отримували помірні динамічні навантаження протягом 20-ти днів, площа діяфіза зросла на 1,23 %; площа кістково-мозкового каналу і за 60 днів експерименту залишається на тій же величині; діаметр остеонів збільшується на 0,23 %; діаметр каналів остеонів зменшується на 0,25 %. У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 40 і 60-ти днів, площа діяфіза збільшується на 7,80 % і 8,21 %; діаметр остеону збільшується на 2,41 %; 6,34 %; діаметр каналу остеонів зменшується на 0,57 %; 0,37 %, відповідно.

У тварин, які отримували фізичні помірні навантаження динамічного характеру протягом 20-ти днів, наростають зміни мінерального складу у



плечовій кістці. Так, збільшена вологість в порівнянні з контролем на 0,11 %, загальна кількість мінеральних речовин збільшена на 3,84 %, кількість кальцію зросла на 6,57 %, фосфору - на 7,62 %. Збільшення вологи у плечовій кістці тварин спричиняє паралельне зростання гідрофільних елементів: так, калію стало більше на 2,01 %, натрію - на 1,53 %. У тварин, які отримували помірні динамічні фізичні навантаження, спостерігається збільшення кількості магнію на 1,73 %. Кількість мікроелементів вища за норму. В плечовій кістці молодих тварин вміст міді більший за норму на 21,17 %, кількість марганцю - на 0,53 %, кількість цинку - на 9,90 %, кількість заліза - на 6,85 %, свинцю на 0,29.

На 40-й день експерименту гідратація збільшилась на 3,90 %, загальна кількість мінеральних речовин збільшуться на 4,55 %, фосфору – на 15,33 %, кальцію – 8,13 % у порівнянні з контролем; кількість натрію збільшується на 3,70 %, калію – на 23,87 %, магнію – на 9,11 %, значно збільшується вміст марганцю у плечових кістках - на 9,30 %, вміст міді – на 20,03 %, цинку – на 13,75 %, вміст заліза залишається на тій же величині а вміст свинцю зменшився - на 17,58 %.

У тварин, які отримували фізичні помірні навантаження динамічного характеру протягом 60-ти днів, вологість в порівнянні з контролем збільшується на 9,09 %, загальна кількість мінеральних речовин – на 17,49 %, вміст кальцію – на 16,38 %, фосфору – на 12,27 %, натрію – на 5,47 %, калію – на 2,74 %, магнію – на 16,46 %, марганцю – на 28,06 %, міді – на 19,25 %, цинку – на 11,90 %, заліза – на 11,58 %, свинцю зменшилось - на 6,82 %.

Отже, помірні динамічні навантаження є чинником, що сприяє росту кісток і їх структур. В усіх відділах плечових кісток спостерігається активація проліферативних процесів, збільшення кількості синтезуючих клітин. Морфометричні дані вказують на оптимізацію структурних складових та збільшення маси кісткової тканини. Ще одним доказом цього є збільшення вологості та мінеральної насиченості кісткової тканини як макро- так і мікроелементами.

#### 4.2. Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток білих лабораторних щурів-самців молодого віку за умов впливу інтенсивних фізичних динамічних навантажень

Перебування тварин в умовах регулярних інтенсивних фізичних динамічних навантажень протягом експерименту веде до відставання приросту лінійних розмірів плечової кістки щурів у порівнянні з контролем (див. табл. додатка А.1). Максимальна довжина плечової кістки у тварин, які отримували інтенсивні динамічні навантаження протягом 20-ти днів експерименту, менша від контрольних величин на 0,29 %, через 40 і 60 днів експерименту цей же показник зменшується ще на 0,41 % і 1,17 %.

Ширина проксимального епіфіза плечової кістки зменшена на 0,48 %, 3,83 % і 4,82 %, відповідно.

Ширина середини діяфіза плечової кістки на 20-ий день експерименту звужена на 2,92 %, протягом 40 днів - на 6,08 %, через 60 днів - на 8,54 % у порівнянні з контролем. Передньо-задній розмір середини діяфіза через 20 днів експерименту зменшений на 4,93 %, після 40 і 60-ти днів, відповідно, на 13,97 % і 16,99 %. Отже, тренування інтенсивними фізичними динамічними навантаженнями щурів молодого віку викликає уповільнення розвитку, поздовжнього та поперечного росту епіфізів та діяфізів плечових кісток.

У тварин, які отримували інтенсивні фізичні динамічні навантаження, епіфізарний хрящ плечової кістки значно витончується. Відмічається послаблення зафарбованості хондроцитів та їх ядер (рис. 4.7). Зменшується як розмір так і кількість хондроцитів в зоні проліферації та росту. Між окремими стовпчиками і клітинами в стовпчиках визначається збільшена кількість проміжної речовини. Через сповільнення фізіологічної інволюції хрящових клітин зона деструкції збільшується, захоплює частину зони росту та розмноження.



Рис. 4.7. Препарат повздовжнього зрізу проксимального епіфізарного хряща плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 20-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - зона індиферентних клітин;

2 - зона деструкції.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Постійні тренування з інтенсивними динамічними навантаженнями ведуть до руйнування та цитолізу хрящових клітин у наростковій епіфізарній пластинці (рис. 4.8, 4.9).

За 40-60 днів експериментального періоду зони хрящової пластинки втратили свою ідентифікацію. Зустрічаються ділянки епіфізарного хряща з тотальним каріолізісом клітин. Різко розширена зона деструкції, однак і вона втратила характерні риси "пухирчастості" клітин. Уся росткова пластинка представлена довгими крупними, світлими без'ядерними хондроцитами у кожній з "колонок".

Спостерігаємо також і клітинний цитоліз. Наросткові хрящі плечової кістки звужені (рис. 4.9). Добре вираженими залишилися фібро-еластичні волокна проміжної тканини, яка знаходиться поміж стовчиками епіфізарного хряща.

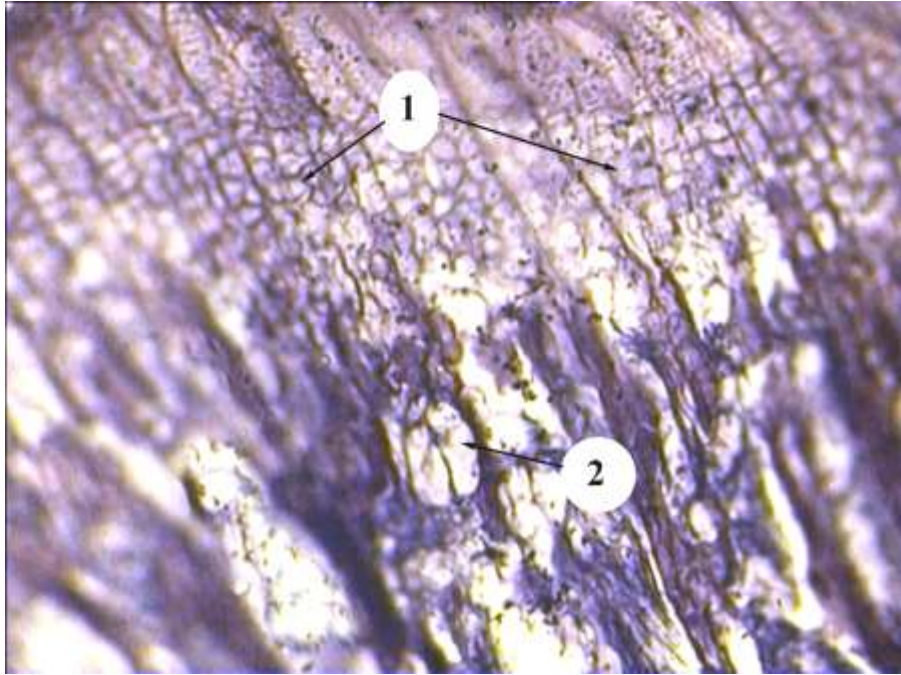


Рис. 4.20. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 40-ка днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - втрата клітинних елементів в зоні проліферації;

2 - руйнування міжклітинних перегородок формування повздовжнього каналу в зоні деструкції.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Провівши морфометрію, виявили зменшення ширини епіфізарного хряща на 1,03 %, 3,46 % і 13,65 % відповідно до контролю. Визначити величину зон епіфізарної хрящової пластинки можна лише дуже приблизно. Зі сторони губчастої речовини діафіза формуються канали, що інколи вторгуються аж до середини росткової хрящової пластинки. Процеси кальцифікації різко пригнічені.

У тварин, які отримували протягом 20-ти днів експерименту інтенсивні фізичні навантаження, об'єм первинної спонгіози зменшується на 1,21 %; протягом 40 днів – додатково ще на 0,31 %, протягом 60-ти днів - на 2,70 %.

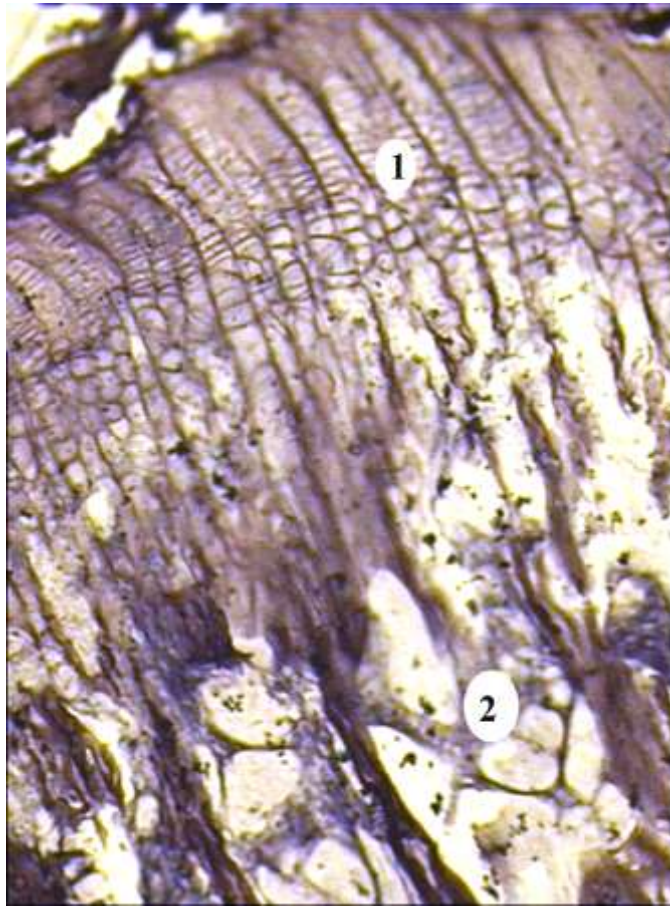


Рис. 4.21. Препарат повздожнього зрізу проксимального епіфізарного хряща плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 60-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - втрата зональності хрящової пластинки кістки;

2 - пригнічення остеосинтетичної діяльності в губчастій речовині кістки.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Об'єм загальної спонгіози, після 20-ти, 40 і 60-ти днів інтенсивних фізичних динамічних навантажень зменшується на 1,82 %; 6,91 %; 10,25 %, відповідно. Вивчаючи глибину проникнення хрящової тканини в кістково-мозкову порожнину ми помітили, що цей показник зменшується на 0,91 % за 20 днів, протягом 40 днів - на 1,71 %, протягом 60-ти днів - на 1,16 %, в порівнянні з відповідним контролем. Довжина трабекул первинної спонгіози зменшується на 1,28 %; 1,94 % і 1,93 %, відповідно до 3-х етапів експерименту.

Кількість остеобластів первинної спонгіози за 20 днів експерименту зменшується на 3,90 %, через 40 днів - на 11,28 %, через 60 днів – на 25,48 %.

Дослідження діафіза плечової кістки тварин, що отримували інтенсивні фізичні динамічні навантаження протягом 20-ти, 40, 60-ти днів, виявили структурні зміни компактної речовини (рис. 4.10, 4.11, 4.12).

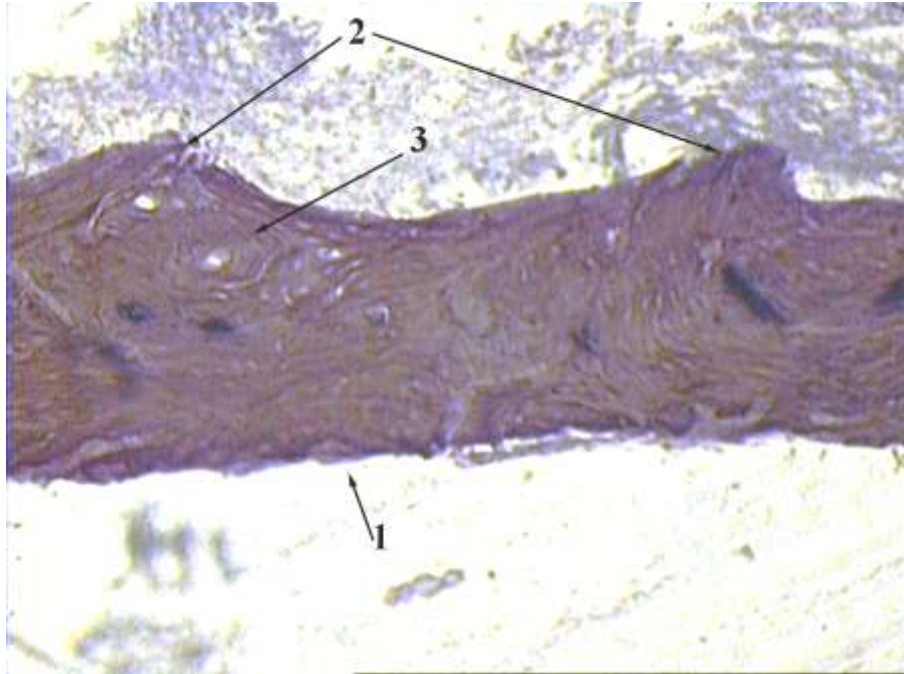


Рис. 4.10. Поперечний зріз діафіза плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 20-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - кістково-мозкова порожнина та ендостальний шар клітин;  
 2 - периостальний шар клітин формування виростків кістки, апофізів;  
 3- молода кісткова тканина (остеоїд) в зоні перебудови.  
 Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Виявлено ознаки різко пригніченої перебудова первинних генерацій остеонів у вторинні. Часто зустрічаються мозаїчні ділянки звапнення, однак, бластні клітини виявляються рідше і рідше. Кісткова тканина діафіза набуває рис грубоволокнистого типу. Чисельні лінії склеювання та порожнини резорбції є постійним елементом у кістці. Їх кількість і розміри неухильно збільшуються пропорційно до часу тривалості експерименту. Остеокластична резорбція є основною у процесах руйнування кістки. Клітини-руйнівники займають місця в нішах резорбції, що починаються від центрального або сполучного каналів. Спостерігаються процеси розшарування компактної речовини.

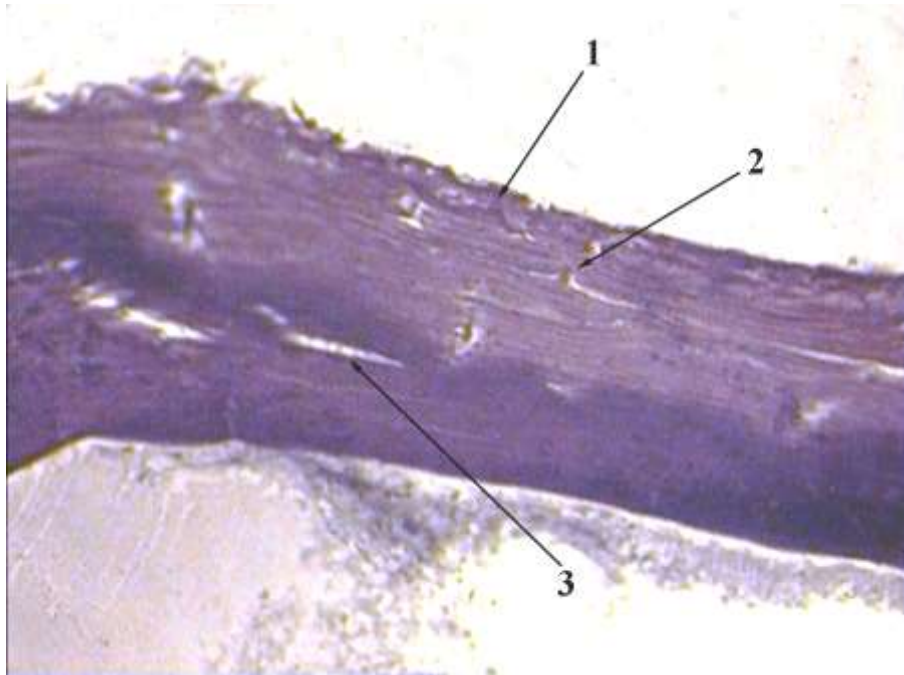


Рис. 4.11. Поперечний зріз діафіза плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 40 днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - шар зовнішніх оточуючих пластинок;

2 - розширення центральних каналів остенів, поодинокі остеокласти;

3- розшарування кісткової речовини діафіза.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

До кінця 60-го дня експерименту з інтенсивними динамічними навантаженнями кісткова компактна речовина діафіза має мозаїчну структуру з чисельними некротичними ділянками та зонами. Звільнені від некрозу ділянки діафіза зі сторони зовнішньої та внутрішньої поверхонь надають цим поверхням зазубленого та шорсткого вигляду. Центральні канали значно розширені та деформовані, часто є центром формування остеїду навколо себе. Сама остеїдна тканина невпорядкована, хаотично розкидана по усій товщі зон кістки і разом з некротичними полями надає строкотого вигляду компактній речовині діафіза плечової кістки.

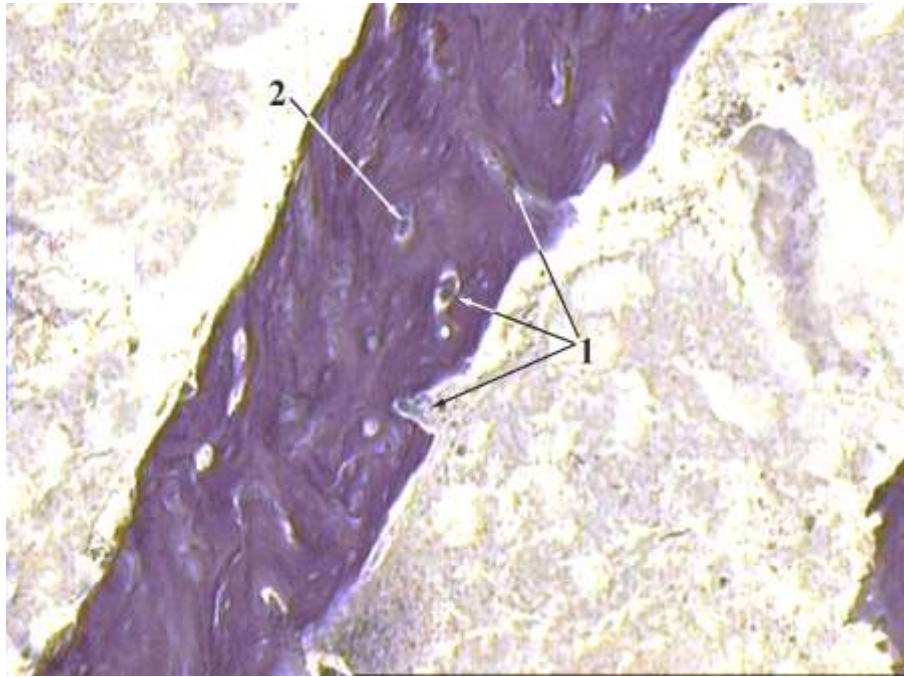


Рис. 4.12. Препарат поперечного зрізу діяфіза плечової кістки щурів молодого віку, які протягом 60-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - ділянки перебудови кісткової речовини, формуються лакуни резорбції та розширені центральні і з'єднувальні канали остенів;

2 - поодинокі остеокласти в центральних каналах.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

За час експерименту спостерігаємо потовщення внутрішніх оточуючих пластин: за 20 днів інтенсивних тренувань на 2,01 %, за наступні 20 днів ще на 5,12 %, а до кінця 60-го дня ще на 10,99 %.

Ширина зони зовнішніх оточуючих пластин збільшилася повільніше, однак досягла межі достовірності в кінці терміну експерименту (див. табл. А. 3 додатку).

У цей же час ширина остеонного шару зменшується у порівнянні з контролем на 1,71 %, 2,26 %, 2,40 % за кожні 20 днів інтенсивних тренувань.

Вже з 20-ти днів інтенсивних фізичних динамічних навантажень спостерігаємо неухильне зменшення площі діяфіза плечової кістки та збільшення площі перетину кістково-мозкового каналу, зменшення діаметру остеонів та збільшення діаметру каналів остеонів (див. табл. А. 3 додатка).



Таким чином діафіз перетворюється у тонку та з пошкодженими стінками трубку.

Інтенсивні фізичні динамічні навантаження ведуть до виснаження кісткової тканини, що проявляється насамперед зменшенням вмісту води та мінеральних елементів. У плечовій кістці після 20-тиденного експерименту вологість зменшується на 1,52 %. Водночас зменшується загальна кількість мінеральних речовин – на 4,16 %; кальцію - на 5,38 %; фосфору - на 2,43 %; натрію – на 8,81 %; калію – на 11,41 %; магнію – на 10,15 %; свинцю – на 3,72 %. Включаються механізми фізіологічної компенсації, що проявляється зменшенням рівнем остеотропних мікроелементів: кількість марганцю зменшується на 11,35 %; заліза - на 1,37 % а вміст міді збільшується - на 16,22 %; цинку - на 1,89 %;

40-денні інтенсивні тренування ведуть до втрати води – на 3,90 %, загальна кількість мінеральних речовин – на 15,37%; кальцію – на 21,33 %, фосфору - на 13,73 %, натрію - на 19,26 %, калію – на 21,29 %, магнію - на 15,89 %. Тривалий час експерименту з перенапругою метаболічних порушень викликає евакуацію мікроелементного складу кістки: марганцю стало менше за аналогічний контроль на 31,05 %, міді - на 7,18 %, цинку - на 22,42 %, заліза - на 27,96 %, свинцю – на 31,36 %.

Після 60-ти днів експерименту розрив у цифрових характеристиках рівня макро- та мікроелементів у плечових кістках експериментальних та контрольних тварин став ще більшим: вміст води занижений на 6,35 %, загальна кількість мінеральних речовин – на 22,86 %; кальцію - на 34,49 %, фосфору – на 29,71 %, натрію - на 35,04 %, калію - на 52,05 %, магнію - на 21,67 %, марганцю - на 47,45 %, міді - на 33,33 %, цинку - на 43,98 %, заліза - на 36,84 %, свинцю - на 36,57 %.

Таким чином інтенсивні динамічні навантаження призводять до сповільнення росту плечових кісток. Усі остеометричні показники плечових кісток експериментальних тварин менші за контрольні. Морфометричні дані епіфізарного хряща, його гістологічна характеристика є незадовільними.

Значно зменшене число остеосинтетичних клітин в губчастій речовині та морфометричні показники його складових частин. Відбувається активне руйнування компактної речовини діафіза та значні втрати мінеральних компонентів.

Основні положення розділу висвітлені у наукових працях [27, 52, 65].

## РОЗДІЛ 5

### МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ ПЛЕЧОВИХ КІСТОК У ТВАРИН ЗРІЛОГО ВІКУ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

5.1. Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток білих лабораторних щурів - самців зрілого віку під впливом помірних фізичних динамічних навантажень

У тварин зрілого віку, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 20-ти, 40-а та 60-ти днів, зміни лінійних розмірів плечових кісток є незначними і статистично недостовірними. Остеометричні дослідження плечових кісток експериментальних тварин, які тренувалися помірними динамічними навантаженнями, вказують на слабо виражену тенденцію до збільшення своїх показників (див. табл. додатка Б.1).

Період активного росту кісткової тканини у білих лабораторних щурів завершився і числова різниця більшості розмірів кісток експериментальних та контрольних тварин не перевищувала 2-3 %.

Помірні фізичні навантаження у зрілих тварин в період дослідження в деякій мірі сповільнює природну вікову інволюцію проксимальної епіфізарної хрящової пластинки плечової кістки. Гістологічні дослідження вказують на чітку зональність метаепіфізарного хряща, добру експресію клітинних елементів та міжклітинної речовини хрящової тканини. Зона індиферентного хряща насичена клітинними елементами (рис. 5.1). Вони невеликі за розмірами, часто формують ізогенні групи та активно заповнюють інтерстицій росткової пластинки. Міжклітинна речовина хряща містить колагенові та фіброеластичні волокна, що групують та задають напрямок розміщення хондроцитів. Її об'єм збільшений у даній віковій категорії, через що колонки клітин хряща ширше відстоять одна від одної. Внаслідок більшої кальцифікації міжклітинного матриксу та його компонентів поблизу діафізарного краю пластинки, фіброеластичні волокна краще контрастуються ближче до зони деструкції. В

метафізарній частині вони є центральним елементом формування майбутніх кістково-хрящових трабекул губчастої речовини.

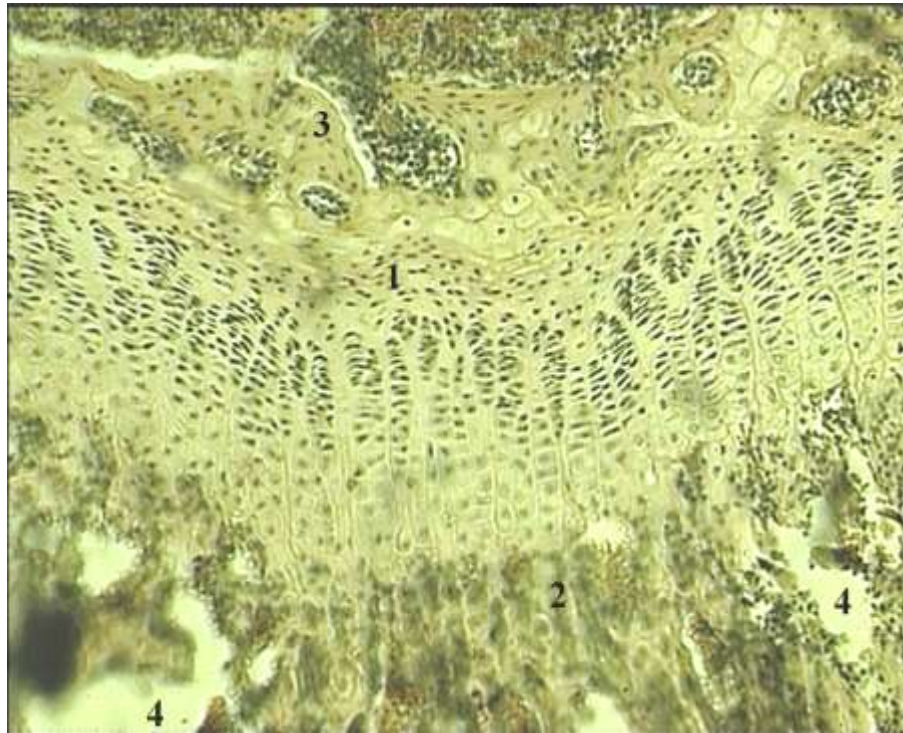


Рис. 5.1. Повздовжній зріз через проксимальний епіфізарний хрящ кісткової речовини плечової кістки щурів зрілого віку, які протягом 20-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - епіфізарний хрящ кістки, зона індиферентного хряща (чітка зональність хрящової пластинки);

2 - молоді трабекули губчастої речовини діафіза;

3 - кісткові пластинки губчастої речовини епіфіза;

4 - комірочки губчастої речовини діафіза.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Тренувальний цикл з помірним динамічним навантаженням сприяє збільшенню розмірів хрящових клітин зон розмноження та дозрівання в метаепіфізарній пластинці, що веде витіснення проміжної речовини та зближення колонок епіфізарного хряща. Деяка підвищена кількість інтерстицію залишається між колонками біля зони спокою хрящових клітин та в периферійних відділах хряща поблизу окістя (рис. 5.2).

Регулярні тривалі тренування помірними навантаження ведуть до потовщення епіфізарної хрящової пластинки плечової кістки (рис. 5.3).



Рис. 5.2. Повздовжній зріз через проксимальний епіфізарний хрящ плечової кістки щурів зрілого віку, які протягом 40 днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 – зона проліферації хряща;

2 – кісткові балки губчастої речовини.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Спостерігається тенденція до збільшення клітин в зоні проліферації та зменшення їх у зонах дозрівання та деструкції. Цьому сприяє підвищена метаболічна активність хондроцитів, що сповільнює їх інволютивний період. Порівняльний аналіз цифрових даних, які представлені в таблиці, показав, що протягом всього експерименту у щурів досліджуваного вікового періоду ширина епіфізарного хряща у тренуваних тварин залишається більшою, ніж у контрольних (див табл. Б.2 додатків).

Також залишаються недостовірними результати розбіжностей між контрольними та експериментальними групами тварин при проведенні морфометричних досліджень метаепіфізарного хряща плечової кістки. Для прикладу: у зрілих тварин, які отримували помірні навантаження протягом 20-

ти днів експерименту, ширина епіфізарного хряща зменшується на 0,43 %, протягом 40 і 60-ти днів - на 0,53 % і 0,48 %, відповідно.

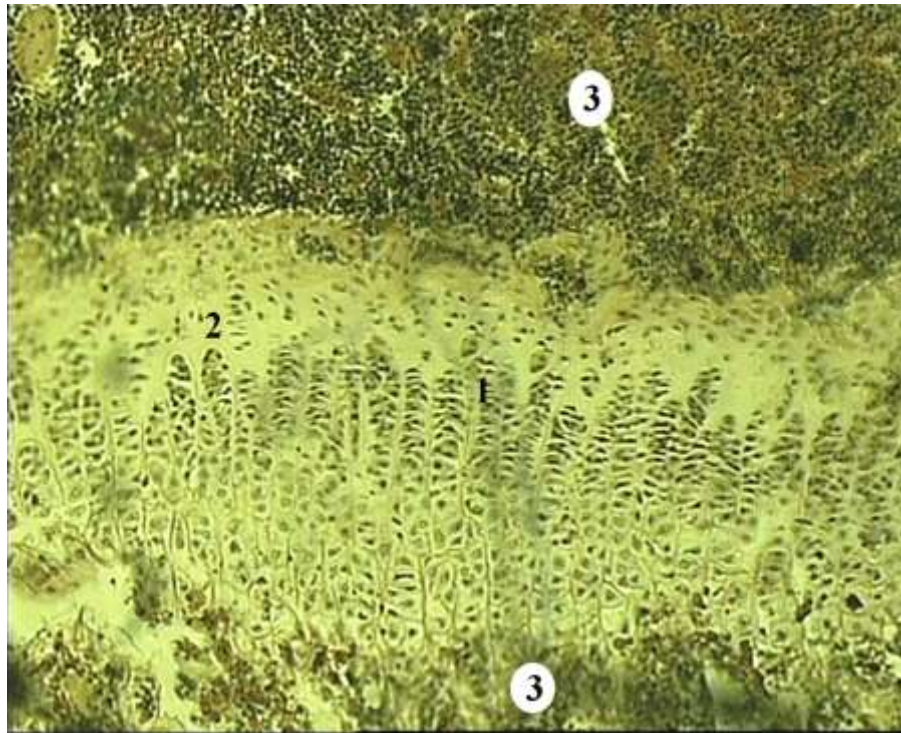


Рис. 5.3. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки щурів зрілого віку, які протягом 60-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 – зона проліферації росткової пластинки;

2 – проміжна речовина в зоні індиферентного хряща та в зоні проліферації;

3 – губчаста речовина плечової кістки.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Ширина зони проліферативного хряща після 20-ти днів зменшується на 0,38 %, після 40 днів - на 0,12 %, після 60-ти днів майже не змінюється. При дослідженні ширини зони дефінітивного хряща відмічаємо тенденцію до її звуження після 20-ти днів на 0,62 %, а після 40 днів відмічаємо збільшення - на 0,05 %, після 60-ти днів - на 0,02 %.

Губчаста речовина діафіза містить кістково-хрящові балки, які є більше кальцифіковані та потовщені поблизу тіла кістки і менше запнені та тонкі поблизу епіфізарного хряща. Комірki поміж балок заповнені клітинними елементами жовтого кісткового мозку. На поверхні трабекул остеобласти

продукують осейн, що є основою первинної спонгіози. На ранніх етапах він слабо кальцинований і тому погано фарбується при виготовленні гістологічних препаратів.

Кількість остеобластів первинної спонгіози у кістках тварин, які отримували помірні фізичні навантаження динамічного характеру протягом 20-ти, 40-а та 60-ти днів експерименту, щоразу зменшуються на 2,82 %, 0,32 % та на 0,74 %. Врахувавши, що об'єм первинної спонгіози зменшився на 0,04 %, 0,94 % та 0,18 % за кожні 20 наступних днів експерименту, можна вважати що активність-продуктивність остеобластів залишалася незмінною у різних групах.

Процес подальшої еволюції осейну на хрящовій балці та його трансформація у кісткову трабекулу є повільним і також статистично недостовірно відмінний між експериментальною та контрольною групами тварин. Об'єм загальної спонгіози збільшується на 45,00 % після 20-ти денного експерименту, а після 40 і 60-ти днів - на 49,16 % і 49,05 %, відповідно.

У зрілих тварин, які отримували помірні фізичні навантаження динамічного характеру протягом 20-ти, 40 і 60-ти днів, глибина проникнення хрящової тканини в кістково-мозкову порожнину зменшилась на 9,04 %, 18,36 % і 19,44 %, відповідно.

Ширина внутрішніх оточуючих пластинок у діяфізі плечової кістки зрілих тварин, після 20-ти, 40 та 60-ти днів експерименту, характеризується тенденцією до звуження (на 0,34%; 0,37%; 0,16 % через кожні 20 днів помірних динамічних тренувань).

У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 20-ти, 40 і 60-ти днів експерименту, ширина зовнішніх оточуючих пластин також незначно зменшилась на 3,99 %, 4,67 %, 4,51 % відповідно.

Слід зауважити, що помірні динамічні навантаження не змінюють помітно структурних характеристик компактної речовини. Кісткова речовина діяфіза має типову пластинчасту будову: вона покрита фіброзно-камбіальною пластинкою окістя ззовні та мембраною ендосту зі середини кістково-

мозкового каналу, представлена добре вираженими зонами зовнішніх оточуючих пластинок, остеонного шару та внутрішніх оточуючих пластинок (рис. 5.4).

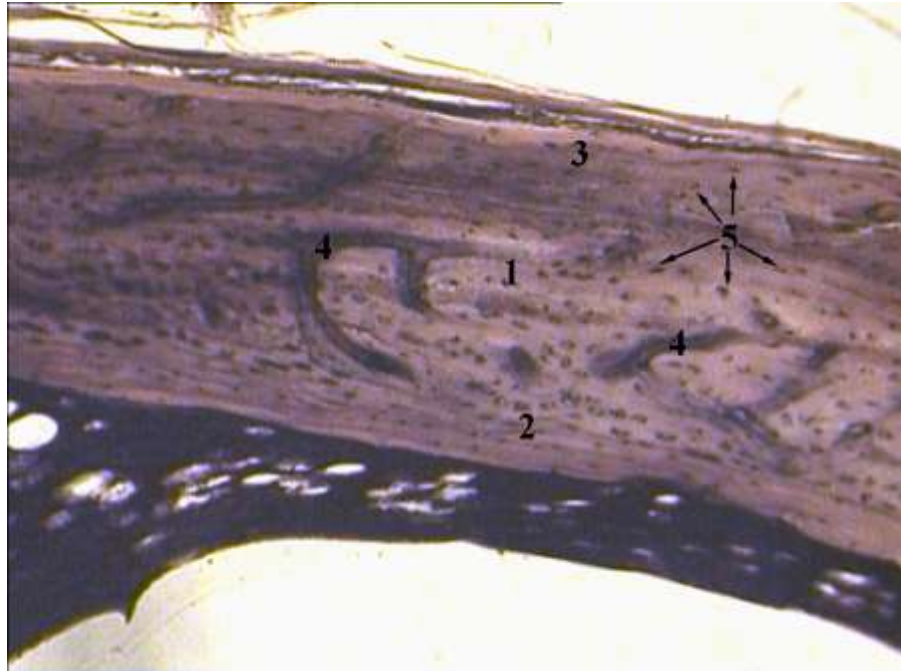


Рис. 5.4. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки шурів зрілого віку, які протягом 20-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

- 1 - остеонний шар кістки;
  - 2 - шар внутрішніх оточуючих пластинок;
  - 3 - шар зовнішніх оточуючих пластинок;
  - 4 - розширення з'єднувальних каналів;
  - 5 - збережені центральні канали остенів.
- Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Помірні динамічні навантаження сприяють покращенню метаболічних процесів, що вимагає кращого кровопостачання. Адаптація до змін активізує морфологічну перебудову систем остенів з розширенням центральних та сполучних фолькманівських каналів (рис. 5.5). Ці процеси відображені у формуванні лакун резорбції поблизу судинних каналів та одночасному утворенні ділянок з остеобластними клітинами, які синтезують осеїн. Процеси остеокластичної резорбції зрівноважені активним синтезом молодої кісткової



тканини. Формуються нові остеонні системи з дещо зміщеним центральним каналом - неоостеони.



Рис. 5.5. Поперечний зріз діафіза плечової кістки шурів зрілого віку, які протягом 60 днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - остеонний шар кістки;

2 - ділянки перебудови кісткової речовини, молода кісткова тканина;

3 - розширені центральні канали остенів;

4 - розширенні фолькманівські канали.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Ширина остеонного шару діафіза плечової кістки тварин, які отримували помірні фізичні навантаження динамічного характеру протягом 20-ти, 40 і 60-ти днів, зросла лише на 7,87 %; 7,83 % і 6,30 %, відповідно. Однак, площа діафіза збільшилася більш суттєво. У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 20-ти, 40 і 60-ти днів, площа діафіза зростає на 9,75 %; 5,63 % і 10,28 %, при цьому дещо зменшилася площа кістково-мозкового каналу - на 0,61 %; 0,61 % і 0,62 %, відповідно.

Розширення площі остеонного шару відбувається за рахунок гіпертрофічного розростання систем остеонів, що впливає з аналізу даних про

розміри структурно-функціональних одиниць кісткової системи. Так, за 20 днів помірних фізичних навантажень у діалізах плечових кісток тварин діаметр остеона збільшується на 4,36 %, ще через 20 днів – на 5,70 %, а на 60-й день тренувань різниця з контролем сягала 6,08 %. У цей же час спостерігаємо деяку тенденцію до звуження діаметр каналу остеона: загалом на 0,13 % до кінця терміну експерименту.

Певна активація ростових процесів плечових кісток, безсумнівно, реалізована через підвищений рівень анаболічних процесів у тканині кісток. Це знаходить підтвердження у зменшенні гідратації кістки та збільшенні її хімічних елементів.

Загальна кількість мінеральних речовин плечової кістки зростає на 21,01 %; 18,20 % і 20,93 % у тварин, які отримували динамічні помірні навантаження протягом 20-ти, 40, 60-ти днів, відповідно. Серед складових мінеральних речовин зазначимо зростання рівня кальцію - на 1,271 %, фосфору - на 7,22 %, натрію - на 6,18 %, калію - на 5,66 %, магнію – на 27,40 %, марганцю - на 17,77 %, міді - на 17,52 %, цинку - на 5,55 %, заліза - на 10,31 %, свинцю - на 4,57 % через 20 днів експерименту. У наступні 20 днів кількість макро та мікроелементів збільшилася ще: кальцію - на 3,83 %, фосфору - на 7,77 %, натрію - на 4,75 % , калію - на 6,58 %, магнію - на 28,46 %, марганцю - на 25,54 %, міді - на 17,37 %, цинку - на 6,74 %, заліза - на 11,56 %, свинцю - на 4,17 %. Після 60-ти днів експерименту концентрація кальцію у кістках виросла ще на 4,41 %, натрію - на 4,44 %, калію - на 12,18 %, магнію - на 30,16 %, марганцю - на 19,84 %, міді - на 16,29 %, цинку - на 5,55 %, заліза - на 10,31 % , свинцю - на 4,57 % і фосфору зменшилось - на 30,19 %.

Таким чином, динамічні навантаження в помірних дозах покращують метаболічну активність клітин та тканин плечових кісток, що проявляється у сповільненні фізіологічних інволютивних процесів у ростових зонах кісток (епіфізарна хрящова пластинка, губчаста кісткова тканина метафіза), збільшенні мінеральної насиченості кісткової тканини та певному зростанні розмірів структур компактної кісткової речовини діафіза.

5.2. Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток білих лабораторних щурів-самців зрілого віку під впливом інтенсивних фізичних динамічних навантажень

У зрілих тварин, які отримували інтенсивні динамічні фізичні навантаження протягом 60-ти днів лінійні розміри плечових кісток залишаються в межах статистичної похибки. Максимальна довжина плечової кістки через 20-ть днів збільшується всього на 0,97 %, після 40-ка днів - на 0,65 % і після 60-ти днів - на 0,38 %. Ширина як проксимального так і дистального епіфізів плечових кісток даної групи тварин після 20-ти, 40, 60-ти днів експерименту зростає на 0,40 %, 0,35 %, 1,55 % та 0,60 %, 0,58 %, та 0,58 %, відповідно.

Аналогічну картину спостерігали при дослідженні ширини середини діяфіза плечової кістки. У тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження протягом 20-ти, 40 і 60-ти днів ширина середини діяфізу збільшилась на 0,05 %; 0,05 % і 3,48 %, відповідно. Передньо-задній розмір середини діяфіза плечової кістки у тварин, які отримували інтенсивні фізичні динамічні навантаження протягом 20-ти днів збільшується на 0,80 %, протягом 60-ти днів - на 0,26 %.

Певну затримку росту довгих кісток у довжину спричинена пригнічувальним впливом інтенсивних динамічних навантажень на зону росту кістки – епіфізарну хрящову пластинку і, особливо, на її зону проліферації. Клітини хряща невеликих розмірів. В зоні індиферентного хряща вони хаотично розкидані серед інтерстиціальної тканини, кількість якої збільшується. Таке зростання основної речовини зменшує щільність клітинних елементів. Інтерстицій, проникаючи у зону проліферації, розширює проміжки між рядами хондроцитів (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки зрілих щурів, які протягом 20-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - зона проліферації;

2 - розширення зони деструкції;

3 - кістково-хрящові балки губчастої речовини.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Клітини зони розмноження також невеликі за розмірами, містять клиноподібні ексцентрично розташовані ядра. Колонки хрящових клітин деформуються.

Надлишок проміжної хрящової тканини перериває повздовжню орієнтацію колонок та розриває їх.

Ступінь негативних змін на структуру та окремі елементи епіфізарного хряща прямо пропорційно залежать від тривалості дії інтенсивних динамічних навантажень на плечові кістки (рис. 5.7, 5.8).

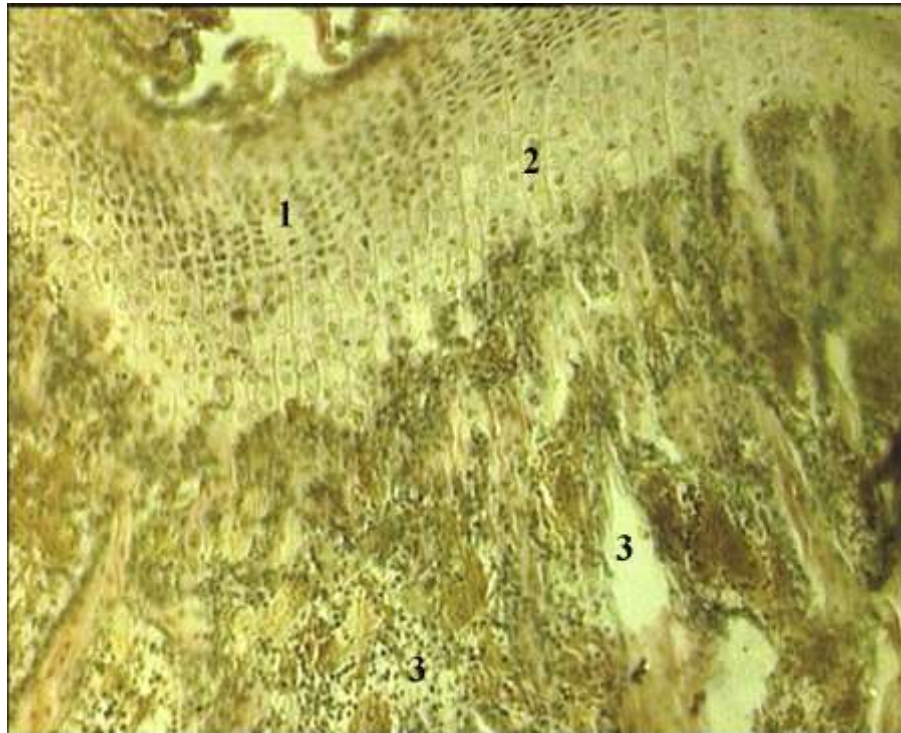


Рис. 5.7. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки зрілих щурів, які протягом 40 днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - звуження зони проліферації;

2 - розширення зони деструкції;

3 - комірочки губчастої речовини кістки з елементами кісткового мозку.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Наявні поодинокі фігури мітозів в зоні проліферації. Розміри клітин зменшуються в зонах розмноження та дозрівання. У зоні дефінітивного хряща видно хондроцити з пікнотичними ядрами, хрящові колонки втрачають свою строго поздовжню орієнтацію. Кількість основної речовини збільшується також і в межах колонки між клітинами. Ростова пластинка характеризується деформацією її епіфізарної межі, зазубленістю з боку діафізу. Спостерігається сповільнення клітинної активності хондроцитів та розширення зони деструкції. Остання відтісняє зону росту та розмноження. Зона проліферації звужується найбільше. До закінчення строку експерименту з інтенсивними динамічними навантаженнями значно збільшується кількість інтерстиціальної хрящової тканини в зонах індіферентного хряща та розмноження (див. рис. 5.38). Вона

перериває протяжність колонок клітин та руйнує послідовність процесу розвитку хондроцитів, який наочно відображений у кожній наступній клітині, що заповнює колонку ростової пластинки.

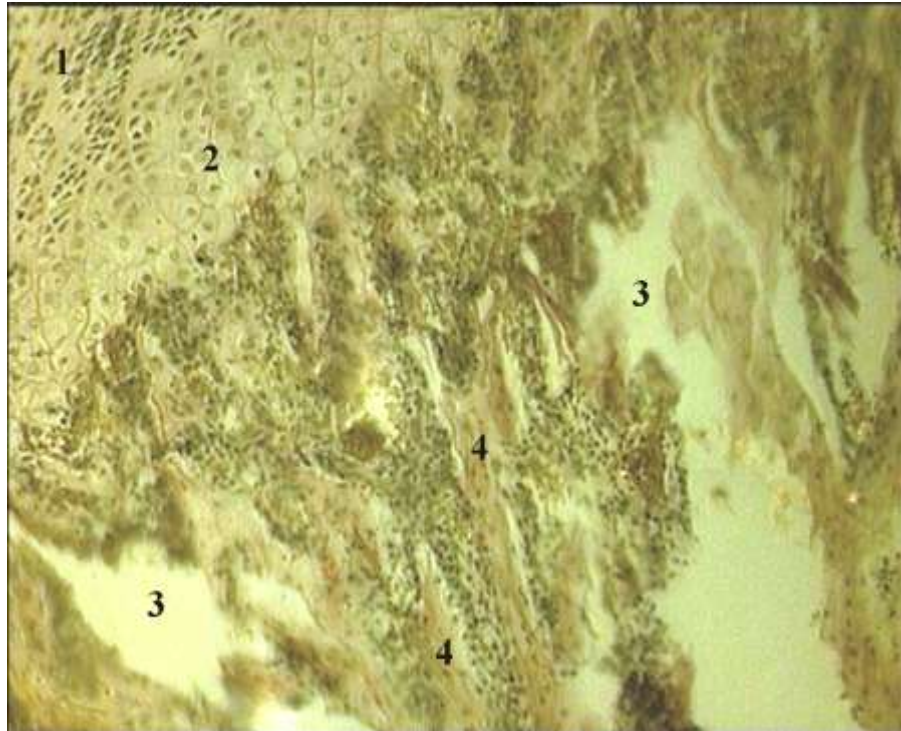


Рис. 5.8. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки зрілих щурів, які протягом 60-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - порушення зони проліферації, збільшення кількості проміжної речовини;

2 - розширення зони деструкції;

3 - комірочки губчастої речовини кістки;

4 - трабекули губчастої речовини кістки.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Між трабекулами губчастої речовини у метафізі спостерігаємо суттєве розширення просторів. Пригнічення синтетичної активності клітин, підвищення активності резорбтивних процесів веде до зменшення кількості загальної та первинної спонгіози, потоншення кістково-хрящових балок в структурі метафіза. На трабекулах губчастої речовини зустрічаються лакуни

резорбції. У деяких з них можливо бачити гігантські багатоядерні клітини – остеокласти. Комірочки метафіза заповнені клітинами гемопоетичного ряду.

Вивчаючи ширину епіфізарного хряща у тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження протягом 20-ти днів експерименту, виявляємо зменшення показника на 1,14 %, а протягом 40 і 60-ти днів - на 2,97 % та 1,33 %, відповідно.

При дії на організм тварин інтенсивних навантажень, протягом 20-ти днів експерименту ширина зони проліферативного хряща зменшується на 1,81 % у порівнянні з контрольною групою тварин, на 40-й день - на 2,92 %, на 60-й день - на 1,08 %.

У тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження протягом 20-ти днів, ширина зони дефінітивного хряща зменшується на 0,06 %, протягом 40 днів збільшується - на 0,13 %, а протягом 60-ти днів - на 0,09 %.

У досліджуваних тварин після 20-ти днів експерименту об'єм первинної спонгіози і об'єм загальної спонгіози зменшились на 4,35 % і 1,13 %, після 40 днів - на 5,91 % і 1,42 %, після 60-ти днів - на 7,18 % і 2,75 %, відповідно. При цьому глибина проникнення хрящових трабекул в кістково-мозкову порожнину за періоди експерименту 20, 40 та 60-ть днів зменшилася суттєво: на 15,32 %, 15,17 %, 18,84 %, відповідно. Довжина трабекул первинної спонгіози за час експерименту змінилася незначно, однак число остеобластів первинної спонгіози у тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження динамічного характеру протягом 20-ти днів, 40 та 60-ти днів експерименту було постійно меншим за контрольні показники на 8,82 %, 7,34 % і 10,81 %, відповідно.

При порівнянні з попереднім етапом дослідження плечових кісток структура компактної речовини змінюється, про що свідчать проведені гістологічні дослідження та динаміка морфометричних показників, які вивчали через 20, 40 та 60 днів експерименту. У зонах внутрішніх та зовнішніх генеральних пластинок спостерігаються локальні нашарування остеїду, які призводять до нерівномірного збільшення їх ширини (рис. 5.9).

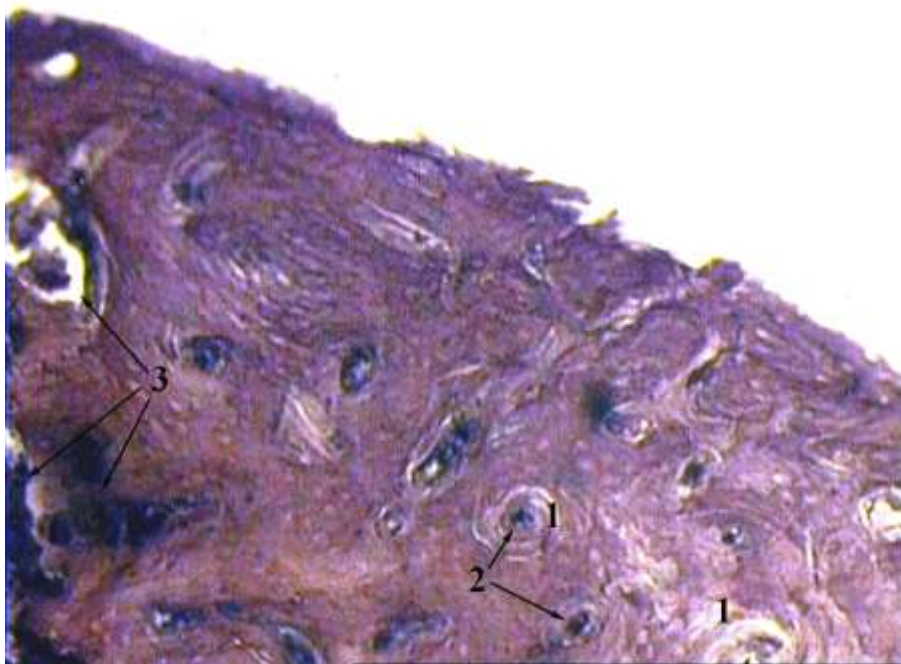


Рис. 5.9. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки шурів зрілого віку, які протягом 20-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - ділянки перебудови кісткової речовини, формування грубоволокнистої кісткової тканини;

2 - остеокласти в центральних каналах остенів;

3 - зони деструкції та некрозу.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Значно легше стало віднайти на препараті лакуни резорбції з наявним остокластом всередині. Збільшена кількість неформленої кісткової тканини надає діяфізу ознак грубоволокнистого типу. В полі зору часто спостерігаються значні некротичні поля.

Особливо добре проявляються різноманітні за формою та величиною ділянки резорбції у зоні компактної речовини через 40 і 60 днів від початку експерименту (рис. 5.10, 5.11). Активна остеокластична резорбція, яка, як правило, починається із центрального каналу остеона робить компактну речовину діяфіза дірчастою, різко погіршуючи її цілісність та механічну міцність.



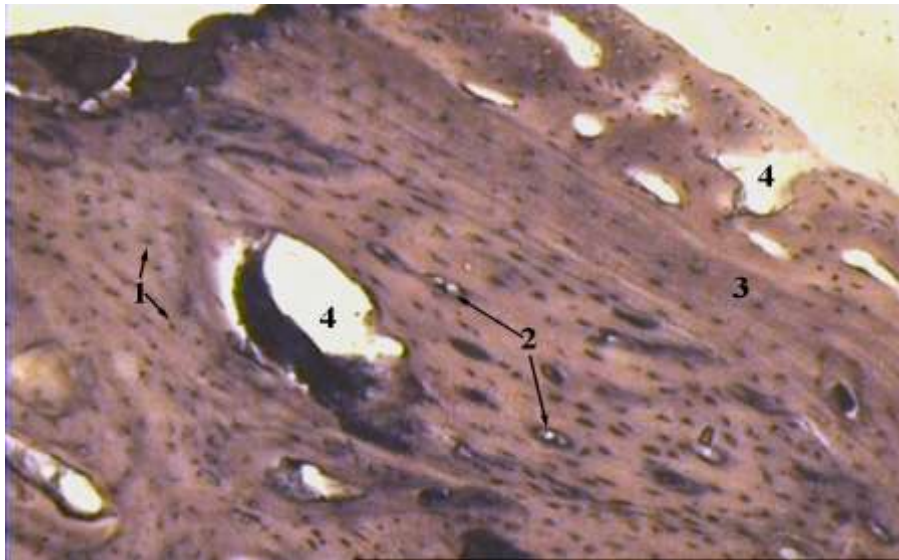


Рис. 5.10. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки щурів зрілого віку, які протягом 40 днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - збережена кісткова речовина діяфіза;

2 - зруйновані системи остенів кістки;

3 - шар внутрішніх оточуючих пластин;

4 - лакуни резорбції формують обширні ділянки резорбції і порожнини резорбції.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Динамічні фізичні навантаження інтенсивного характеру перебудовують компакту речовину та змінюють пропорції між її складовими компонентами, формуючи кісткову трубку з потовщеними зонами зовнішніх та внутрішніх оточуючих пластинок та звуженою основною ділянкою – остеонним шаром. Гістологічна картина останнього є досить строкатою: світлі слабо профарбовані поля остеїду, виражені лінії склеювання, темні ділянки некротизованої тканини. Та домінуючим елементом є найрізноманітніші за розмірами, формою, локалізацією та конфігурацією дірки та отвори, що утворилися при підготовці препарату, на місцях, де були лакуни резорбції та порожнини з кістковим детритом.



Рис. 5.11. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки щурів зрілого віку, які протягом 60-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - ділянки резорбції та некрозу;

2 - зруйновані центральні канали остенів та остеокласти, що в них розміщуються.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Ширина внутрішніх оточуючих пластинок у діяфізі плечової кістки зрілих тварин, які протягом 20-ти днів отримували інтенсивні фізичні навантаження, збільшилась на 16,90 %, а до закінчення експерименту різниця з контролем сягає 18,37 %.

У тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження протягом 20-ти, 40 і 60-ти днів експерименту, ширина зовнішніх оточуючих пластин збільшена на 23,50 %; 27,79 % і 29,00 % відповідно.

Показники ширини остеонного шару діяфіза плечової кістки зрілих щурів після фізичних інтенсивних навантажень динамічного характеру протягом експерименту демонструють незначну тенденцію до зменшення.

У зрілих тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження, площа перетину діяфіза майже не змінилася. Однак, за час експерименту виявили збільшення відносно норми розмірів каналу остеона на 55,56 % при зменшенні

розмірів остеонів на 31,61 %. Також спостерігаємо значне збільшення площі перетину кістково-мозкового каналу, яка на 69,14 % перевищує показники контролю.

В плечовій кістці зрілих тварин, які отримували протягом експерименту інтенсивні фізичні навантаження динамічного характеру, відбуваються зміни їх хімічного складу.

Так, вміст води у плечовій кістці зрілих щурів, після 20-ти, 40 і 60-ти днів зменшується на 49,57 %; 51,46 % і 53,22 % відповідно.

В плечовій кістці щурів, втрати загальної кількості мінеральних речовин після 20-ти днів експерименту сягали 26,07 %, після 40 і 60-ти днів – 29,07 % та 32,43 %, відповідно.

Двадцятиденні інтенсивні динамічні навантаження призводять до зменшення в плечовій кістці кальцію, фосфору, натрію, калію на 48,25 %, 45,44 %, 39,64 %, 67,61 % відповідно. До закінчення експерименту втрати кісткою макроелементів склали: кальцію – 53,84 %, фосфору – 54,55 %, натрію – 51,18 %, калію – 76,14 %.

У порівнянні зі змінами вмісту макроелементів у перші 20-ть днів експерименту, втрати концентрацій мікроелементів у плечових кістках є не такими катастрофічними: магнію менше за контроль на 10,84 %, марганцю – на 9,49 %, міді – на 17,80 %, цинку – на 4,88 %, заліза – на 14,43 %. Однак, на 40-й день втрати вмісту мікроелементного складу різко зростають і до закінчення експерименту при порівнянні з контрольними показниками магнію стало менше на 47,37 %, марганцю – на 67,29 %, міді – на 40,06 %, цинку – на 51,19 %, заліза – на 41,24 %.

Отже, у тварин зрілого віку тренування помірними динамічними навантаженнями покращують морфологічний стан плечових кісток, активують проліферативні процеси в епіфізарних хрящах та підвищують рівень їх мінеральної насиченості. В діяфізі виявляються ознаки підсилення апоозиційних процесів. При інтенсивних динамічних навантаженнях виявляємо негативну різницю морфометричних величин усіх компонентів плечових кісток. В

губчастій та компактній речовині діафіза спостерігаємо значні деструктивні процеси, а втрати мінерального компоненту перевищують п'ятдесяти відсотковий рівень.

Основні положення розділу висвітлені у наукових працях [62, 64, 66].

## РОЗДІЛ 6

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

6.1. Динаміка структурно-метаболических перетворень плечових кісток білих лабораторних щурів з вираженими старечими змінами при помірних фізичних динамічних навантаженнях

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 %.

Гістологічні 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. 6.1).

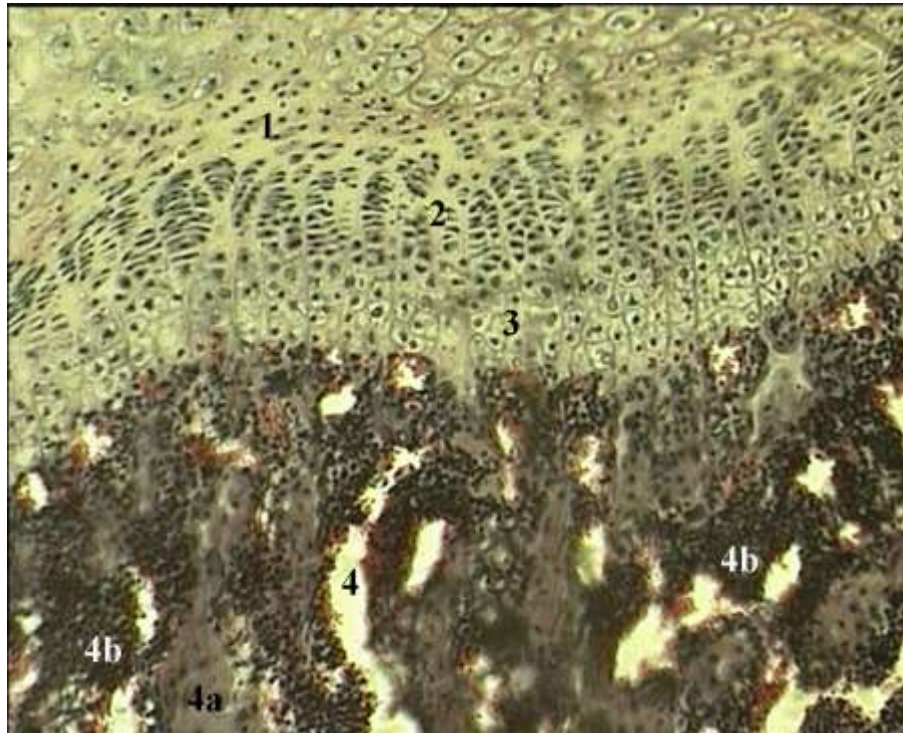


Рис. 6.1. Повздовжній зріз через проксимальний епіфізарний хрящ плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 20-днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - зона індиферентного хряща з ізогенними групами хондроцитів;

2 - зона проліферації;

3 - зона деструкції; 4 - губчаста речовина діафіза;

4a - кістково-хрящові трабекули губчастої речовини;

4b - клітини кісткового мозку в комірках.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

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 в зоні розмноження клітин. Однак, ширина зони проліферативних клітин лише незначно більша за контроль.

При порівнянні гістопрепаратів епіфізарної хрящової пластинки у щурів на початку експерименту і при його завершенні стає помітним зменшення кількості проміжної речовини між колонками хондроцитів і таким чином клітинні колонки наближуються одна до одної (рис. 6.2, 6.3). 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», в зоні розмноження хрящових клітин легко можна відшукати клітини з мітозами поперечного.

Наступна зона деструкції значно світліша внаслідок руйнування каріоплазми хондроцитів. Добре виражені сполучнотканинні стінки, що продовжуються у трабекули губчастої речовини діафіза. Зону первинного остеогенезу не завжди можливо диференціювати. Зонами активних остеосинтетичних процесів є місця розташування остеобластів.



Рис. 6.2. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 40-днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - зона індиферентного хряща межує з суглобовим хрящем;

2 - зона проліферації;

3 - зона деструкції;

4 - губчаста речовина.

Забарвлення за Ван-Гізоном Об. 8, ок. 10.

Поблизу пластинки хряща губчаста речовина метафіза крупнокомірчаста.

Відбувається звапнення новоутвореної кісткової тканини, яка є найбільш зрілою біля кістково-мозкового каналу. З боку епіфіза вона утворює стінку кістково-мозкової порожнини у вигляді зубців. На гістологічних препаратах видно ніші резорбції на поверхні кісткових трабекул поблизу кістково-мозкової порожнини. Вони, як правило, містять один або два остеокласти 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-а та 60-ти днів, ширина епіфізарного хряща коливалася дещо вище (в межах одного відсотка) за контрольні показники.

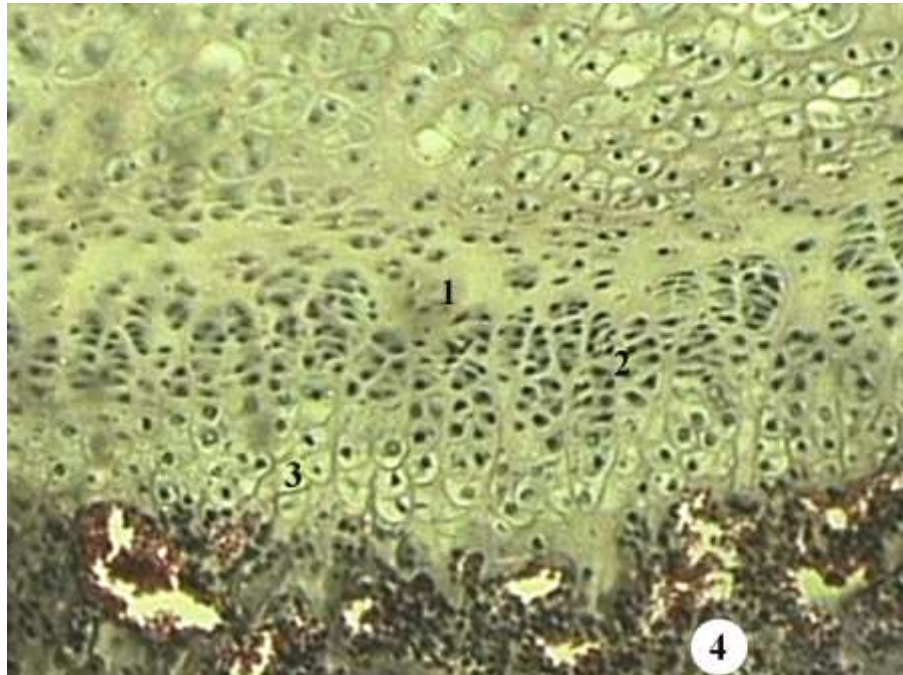


Рис. 6.3. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 60-днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - проміжна речовина зони індиферентного хряща;

2 - зона проліферації;

3 - зона деструкції;

4 - губчаста речовина діафіза.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 12.



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 спонгіози збільшується на 45,17 %, а об'єм первинної спонгіози – лише на 4,40 %. У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 40 і 60-ти днів об'єм загальної спонгіози більший за контроль на 51,92 % та 74,04 %, а об'єм первинної спонгіози більше за контрольні дані на 7,02 % і 14,40 %, відповідно.

Глибина проникнення хрящової тканини в кістково-мозковий канал, у тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 20-ти днів, збільшився на 1,17%. У тварин, які отримували помірні фізичні навантаження протягом 40-ка днів, цей показник збільшився на 2,78 %, а через 60-ть дні різниця з контролем склала 13,97 %. У порівнянні з контролем довжина трабекул первинної спонгіози у старечих тварин, які протягом 20-ти, днів отримували помірні динамічні навантаження, збільшується на 10,48 %, протягом 40-ка днів – на 18,91 %, а через 60 днів – на 43,36 %.

Кількість остеобластів первинної спонгіози у старечих тварин, які протягом 20-ти днів отримували помірні фізичні навантаження, збільшується незначно – лише на 0,18 %. Проте 40-а та 60-тиденні помірні фізичні навантаження збільшують показники числа остеобластів на 3,36 та 12,25 % у порівнянні з контролем. В центральних відділах діафіз зберігає типову для своєї вікової групи структуру. Окремі шари оточуючих пластинок відділяються темними лініями цементації, паралельними до зовнішньої поверхні (рис. 6.4).

Ці пластинки місцями сходяться і розходяться. Канали остеонів розміщуються поміж пластинками. Відносно часто видно лакуни резорбції. Шар внутрішніх оточуючих пластинок частіше містить порожнини Хаушіпа (рис. 6.5). Як правило, вони овальної форми. Новоутворена остеїдна тканина розміщується поруч. Вона формує пласти навколо порожнини, що мають колоподібну форму на препаратах із поперечних зрізів діафіза.

Добре виражені лінії склеювання, які густо розташовуються в остеонному шарі та додатково відмежовують його від шарів зовнішніх та внутрішніх оточуючих пластинок (рис. 6.6).

Канали остеонів найчастіше орієнтовані вздовж осі кістки і переважно зміщені відносно центру. Невеликі за розміром остеони зі збільшеним каналом є молодими структурами компактної речовини діафіза. Лакуни резорбції в остеонному шарі кістки, як правило, зосереджені в центрі гаверсових систем.

У всіх тварин, які отримували помірні навантаження динамічного характеру протягом 20-ти, 40 і 60-ти днів, спостерігається незначне зменшення, при порівнянні з контролем, ширини внутрішніх оточуючих пластинок: на 0,20 %, 0,37 % і 6,16 % відповідно.

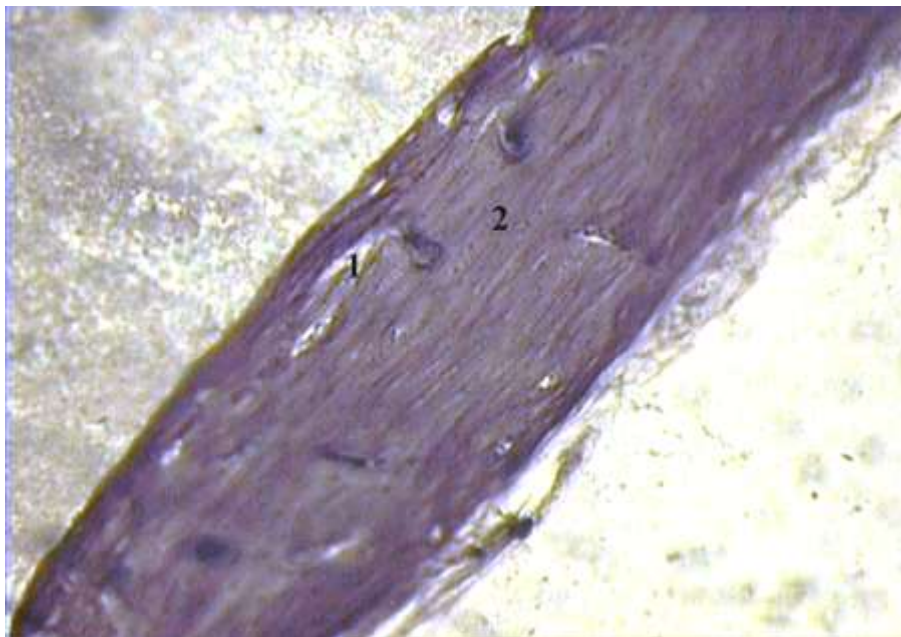


Рис. 6.4. Поперечний зріз діафіза плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 20-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - зона зовнішніх оточуючих пластинок, ділянки перебудови кісткової речовини;

2 - остеонний шар кістки.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.



Рис. 6.5. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 40 днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - остеонний шар;

2 - ділянки перебудови кісткової речовини;

3 - периост.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

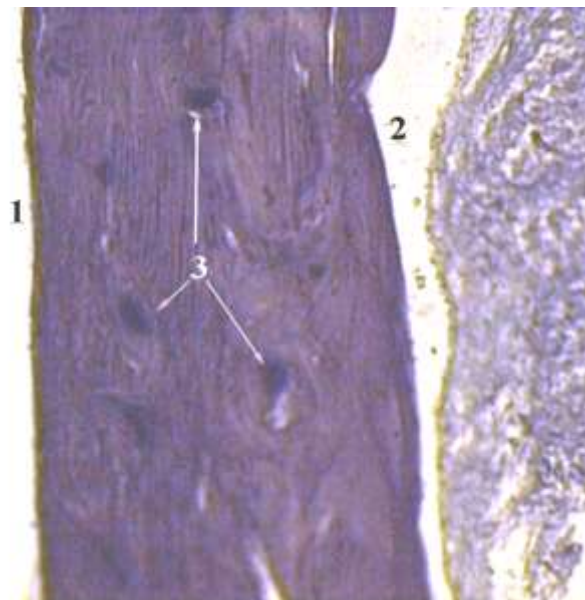


Рис. 6.6. Поперечний зріз діяфіза плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 60-ти днів експерименту отримували помірні динамічні навантаження.

1 - зовнішня поверхня кістки з периостом;

2 2 - внутрішня поверхня кістки з боку кістково-мозкової порожнини;

3 3 - остеонний шар кістки з ділянками перебудови кісткової речовини.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

З такими ж темпами зменшується ширина зовнішніх оточуючих пластинок: 2,16 %; 0,98 % і 2,68 % відповідно.

В цей же час зростає ширина остеонного шару. За 20 днів експерименту його величина переважала контроль на 5,31 %, а до закінчення експерименту була більшою за контрольні показники на 12,15 %. Таким чином відбувається посилення міцності трубчастих кісток за рахунок їх основної частини остеонного шару діафіза.

Подібні зміни прямо впливають на геометричні розміри поперечного перерізу тіла кістки. За 60-ть експериментальних днів площа компактної речовини діафіза була більшою за контроль на 2,35 %. При цьому зростання компакти відбулося як за рахунок розширення назовні (див. табл. В.1 додатків) так і за рахунок зменшення площі кістково-мозкового каналу (зменшення на 1,77 % за 60 днів експерименту). За час експерименту з помірними динамічними навантаженнями на старечих щурів остеонний шар діафіза перетворюється у більш монолітну структуру: розміри остеонів дещо збільшилися (від 1,67 до 2,99 %), а діаметр каналу остеона звужився і став меншим за контрольні показники на 7,89 – 14,66 %.

Регулярні динамічні навантаження помірного ступеня мають позитивний вплив на водно-мінеральний обмін в трубчастих кістках щурів старечого віку. За час експерименту відмічали стабільне підвищення гідратації плечових кісток: від 0,13 % понад контроль за 20-ть днів експерименту і до 7,16 % вище контролю за 60 днів тренувань. 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-ий 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-ть 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.

6.2. Динаміка структурно-метаболических змін плечових кісток білих лабораторних щурів з вираженими старечими змінами при інтенсивних фізичних динамічних навантаженнях

Проведена остеометрія плечових кісток тварин з 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-ть експериментальних днів максимальна довжина кісти, ширина проксимального та дистального епіфізів, розміри середини діафізів залишилися в межах похибки контрольних тварин.

Однак, мікроскопічна картина структурних складових вказує на їх активну перебудову. При гістологічному вивченні епіфізарних хрящів виявлено порушення їх типової структури.

Звертає на себе увагу зменшення клітинних елементів в 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

повздожнє розташування хондроцитів і формування колонкоподібної структури. В таких місцях кінці колонок закругляються або переривається інтерстицієм і клітини утворюють острівцеподібні зони.

Самі ж клітини зон переважно знаходяться в стані функціонального ступору (рис. 6.7).

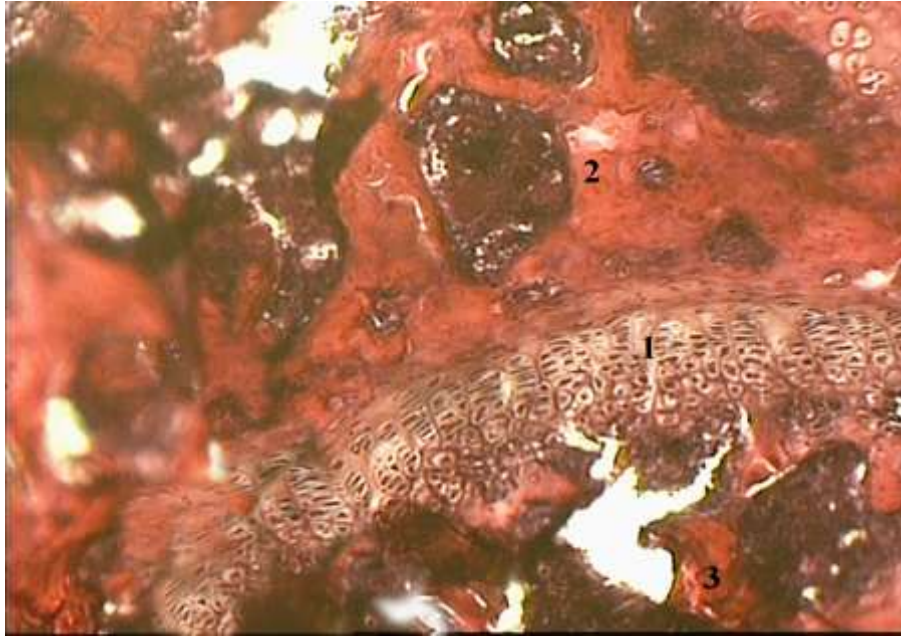


Рис. 6.7. Повздожній зріз, через проксимальний епіфізарний хрящ плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 20-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - росткова пластинка;

2 - кісткові пластинки епіфіза;

4 - кісткові балки метафіза.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

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 індиферентного хряща. Вона витісняє клітини хряща в зоні спокою та вклинюється в зону розмноження (рис. 6.8). Активно розширюється зона деструктивних клітин, захоплюючи зони росту та проліферації.

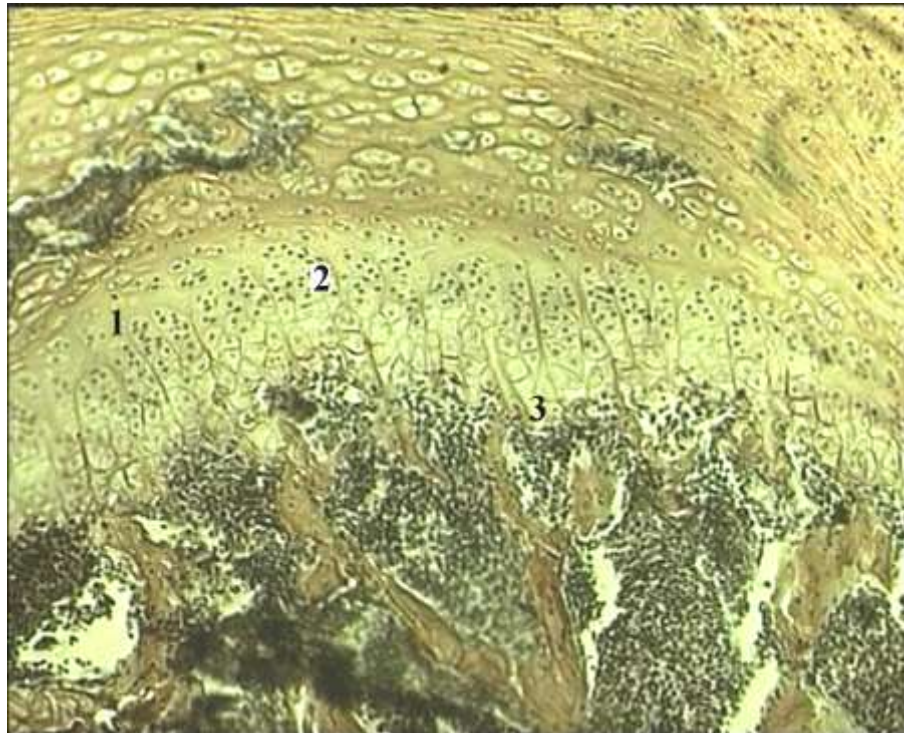


Рис. 6.8. Повздовжній зріз, через проксимальний епіфізарний хрящ плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 40 днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - надмірна кількість проміжної речовини в зоні індиферентного хряща;  
2 - звуження зони проліферації.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Спостерігаються зміни зі сторони ядра – зменшення його розмірів аж до повного зникнення в окремих клітинах. Клітини зони деструкції великі, гіпохромні, часто без'ядерні.

В губчастій частині діафіза спостерігаються ознаки активних руйнівних змін: кісткові балки стоншені, комірки великі, остеобласти поодинокі в полі зору.

Процес руйнування активно просувається в сторону епіфізарного хряща, що особливо помітно в останні строки експерименту.

На препаратах зустрічаються ділянки з 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 даних структур у старечому віці.

Остання представлена дрібними хондроцитами з невеликими ядрами, ознаками анізоцитозу та відсутністю мітотичної активності (рис. 6.9). Клітини зібрані у нахилені стовпчики, котрі орієнтовані вздовж кістки.

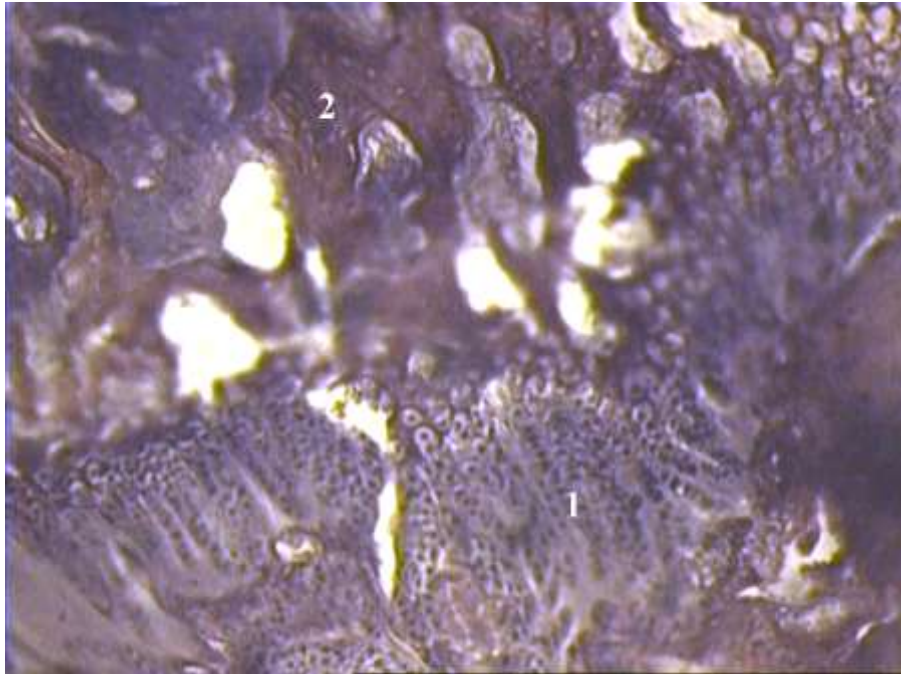


Рис. 6.9. Повздовжній зріз проксимального епіфізарного хряща плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 60-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - деструктуризація хрящової пластинки;

2 - кісткові балки.

Забарвлення за Ван-Гізоном. Об. 8, ок. 10.

Однак, високі обмінні процеси, що відбуваються в губчастій частині плечової кістки, і їх відображення в морфометричних показниках дозволяють з більшою інформативністю прослідкувати зміни між контрольними та експериментальними групами тварин.

Об'єм загальної спонгіози у тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження протягом 20-ти 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 та 21,17 %. Активні резорбтивні процеси відобразилися на



показниках глибини проникнення хрящової тканини в кістково-мозковий канал у старечих тварин, які отримували протягом 20-ти днів інтенсивні динамічні навантаження. На 20-ий, 40-ий та 60-ий день експерименту дефіцит величини у порівнянні з контролем становив 10,51 %, 35,59 % та 35,02 % відповідно.

Значні зміни відмічаються при підрахунку остеобластів на трабекулах губчастої речовини кістки. За час експерименту їх кількість прогресивно зменшувалася і становила відносно контролю -18,34 % на 20-й день, - 24,78 % на 40-й день та - 41,22 % на 60-й день експерименту.

Гістологічно у компактній речовині діафіза спостерігаються нечіткі межі її зон та чисельні судинні канали як поздовжнього, так і поперечного напрямку. Діаметри каналів остеонів, збільшені, в них містяться лакуни, що спричинені резорбцією остеобластами. Досить часто лакуни є порожніми. Деякі порожнини резорбції займають площу у 1-2 остеона.

Тривалість експерименту з інтенсивними фізичними навантаженнями посилює негативні зрушення у кістках (рис. 6.10, 6.11, 6.12).

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 цементації набули надзвичайної виразності, розкидані по усій площі компактної речовини, часто відділяють новоутворену кісткову тканину. Остеоїд домінує по усій площі діафіза. Його насиченість мінеральними солями, а вірніше 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.

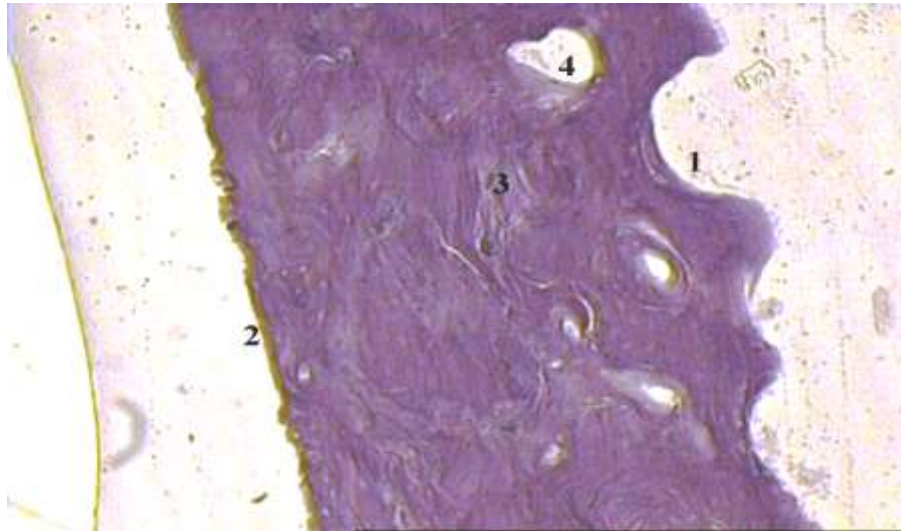


Рис. 6.10. Поперечний зріз діафіза плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 20-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

- 1 - лакуни резорбції зі сторони кістково-мозкової порожнини;
- 2 - фіброзний шар периосту;
- 3 - ділянки перебудови та кісткової речовини і грубоволокниста кісткова тканина;
- 4 - ділянки резорбції та некрозу в області внутрішніх оточуючих пластинок.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Ширина внутрішніх оточуючих пластинок у старечих тварин, які протягом 20-ти днів експерименту отримували інтенсивні фізичні динамічні навантаження, зростає на 23,60 %, на 40-й день – на 26,50 %, на 60-й день – на 39,26 %.

Прогресивне відносне збільшення розмірів зовнішніх оточуючих пластинок плечової кістки через кожні 20-ть днів експерименту становить 0,82%, 10,95 % та 30,30 %.

Компенсаторне розширення оточуючих пластинок є результатом зменшення остеонного шару плечових кісток.

Морфометрія засвідчила зменшення різниці величини остеонного шару між контрольними та експериментальними старими тваринами впродовж експерименту на 8,44 %, 10,88 % та 15,75 %.

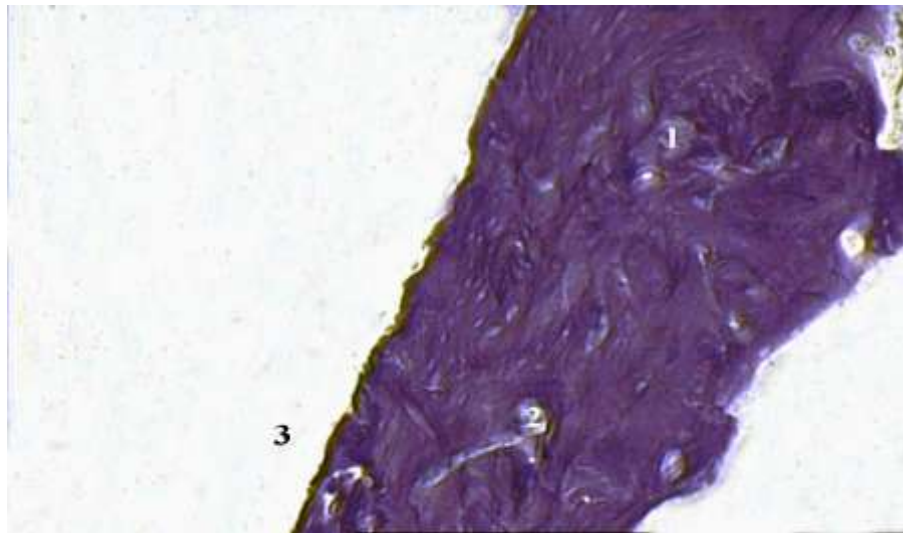


Рис. 6.11. Поперечний зріз діафіза плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 40 днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - ділянки перебудови кісткової речовини, грубоволокниста кісткова тканина;

2 - розширення центрального остеонного каналу та його з'єднання зі сполучним каналом; 3 - зовнішня поверхня кістки.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Як видно з морфометричних показників (див.табл. додатка В.3.) площа діафіза у старечих тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження, значно зменшилася, в основному, на 40-й та 60-й день експерименту і відставала від контролю відповідно на 8,84% та 17,02 %. Водночас відбувається активне розширення кістково-мозкового каналу на 3,21 %, 27,34 % та 48,67 % на 20-й, 40-й та 60-й дні експерименту відповідно.

Аналогічні зміни відбуваються з розмірами центрального каналу остеона та діаметром остеона. Аналіз цифрового матеріалу показав достовірне розширення каналу остеонів на 19,52 – 40,89 % при зменшенні діаметра остеонів на 16,39 – 24,62 %.

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 %.

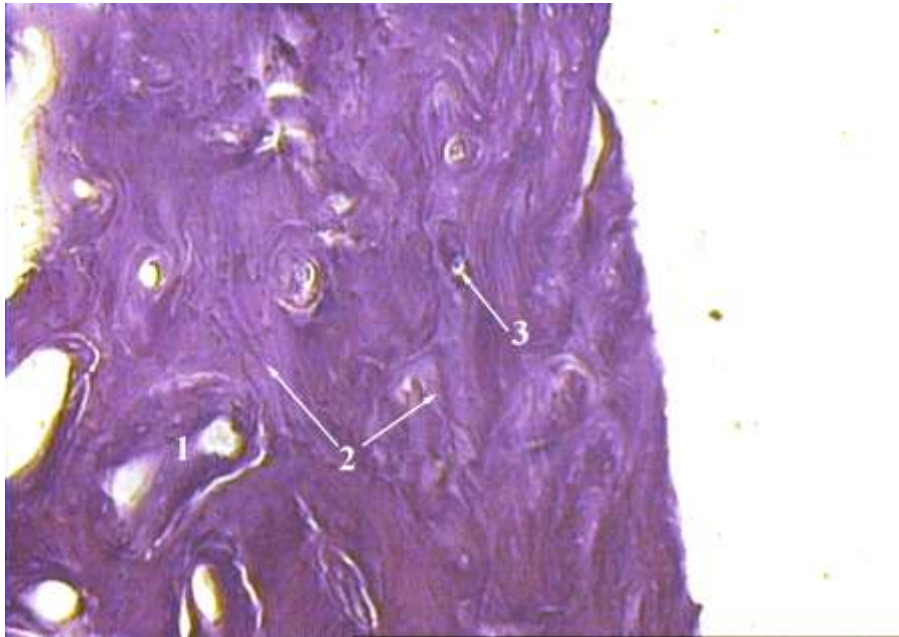


Рис. 6.12. Поперечний зріз діафіза плечової кістки щурів з вираженими старечими змінами, які протягом 60-ти днів експерименту отримували інтенсивні динамічні навантаження.

1 - ділянки перебудови кісткової речовини, значно розширені канали остеонів, грубоволокниста кісткова тканина;

2 - лінії цементації; 3 – лакуна резорбції з остеокластом.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об. 8, ок. 10.

Експеримент інтенсивних динамічних тренувань на старих щурах негативно позначився на вмісті в кістках усіх досліджуваних нами мінеральних елементах.

Вміст макроелементів в стабільно і прогресивно знижувався протягом усього експерименту і вже через 20-ть експериментальних днів концентрація у кістках кальцію, фосфору, натрію та калію була меншою за контроль відповідно на 9,41 %, 14,87 %, 13,08 % та 2,13 %.

В кінці експериментального періоду дефіцит макроелементів у плечових кістках становив: кальцію – 30,41 %, фосфору – 35,29 %, натрію – 36,19 % та калію – 28,31 %.

Динаміка втрат остеотропних мікроелементів була ще стрімкішою. Якщо у перший період досліджень (20-ть 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-ть днів експериментального 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 %.

Підсумовуючи вище зазначене, можна зробити висновок, що при динамічних навантаженнях помірної інтенсивності у плечовій кістці тварин з вираженими старечими змінами остеометричні, морфометричні та хіміко-аналітичні показники помірно відмінні від аналогічних у контрольній групі. При цьому усі критерії мають позитивні тенденції та зміни. 60 експериментальних днів з примусовими інтенсивними динамічними навантаженнями тварин старечого віку ведуть до порушення гомеостазу на усіх рівнях організації кісткової тканини плечової кістки і суттєво погіршують її морфометричні та хімічні показники.

Основні положення розділу висвітлені у наукових працях [62, 63, 64, 66].

## РОЗДІЛ 7

### АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Однією з традицій, що склалася у вітчизняній анатомії є поглиблене вивчення взаємовідношень між будовою органа та його функціями. 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. Лесгафт (1880-1905) та його школою, а в подальшому Д.Г. Рохліним (1936), В.В. Бунаком (1954), М.Ф. Іваницьким (1956, 1961), В.Г. Касьяненком (1956), М.Г. Прівесом (1959), Д.Л. Ждановим (1965), В.Г. Ковешніковим (1984), Я.І. Федонюком (1990-1995) та багатьма іншими.

Були сформовані основні постулати, що пояснювали теорію життєдіяльності та перебудови кістки, умови і фактори її формоутворення 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 завантаженість. 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 остеопеній і також остеопорозу [11, 18, 30, 47, 48, 76, 103, 115, 116, 127, 148, 152, 211,].

Вивчення закономірностей пристосування організму до дії різних режимів рухової активності має не тільки теоретичне, а й практичне значення для медицини, фізичної культури і спорту [40, 230, 262, ].

Хвороби цивілізації, що розвиваються з малорухливого способу життя у поєднанні з неприродним харчовим раціоном, стали супутником більшості людей, що викликало занепокоєння у практичних лікарів, вчителів [245, 252, 284]. Підвищені вимоги до спортсменів високого рівня кваліфікації, поява нових видів спорту, вплив на організм яких науково не вивчений, висока зацікавленість людей різного віку до певних видів спорту і фізичних навантажень, і нарешті, регулярні польоти в космос, спонукає науковців по-новому підходити до вивчення змін, які відбуваються в опорно-руховому апараті. Тим, хто з різним рівнем професійної кваліфікації займається тренерською роботою, на жаль, часто бракує знань про ритмічність, тип та дозування фізичних навантажень, методи побудови тренувальних занять, контроль і самоконтроль фізичного стану.

Невміння об'єктивно оцінити фізичний стан організму, визначити обсяг його функціональних резервів не дозволяє перейти від емпіричного дозування навантажень до зростання науково обґрунтованих рухових режимів з об'єктивною енергетичною оцінкою.

Основним принципом профілактичного, оздоровчого та професійного тренування повинен бути принцип індивідуалізації фізичних навантажень. Навантаження за обсягом повинні бути оптимальними, відповідати рівню підготовленості та відповідати основному хоча і давньому принципу батька медицини Гіпократу "noli nocere" ("не нашкодь").

Це стосується усіх людей, які займаються різними видами фізичної культури чи тренерської роботи. А особливо актуальним є для дітей, кістки яких активно ростуть та перебудовуються.

Позитивні і негативні зміни у кістковій тканині можна спостерігати при дії на неї як фізичних навантажень так і гіпокінезії. Кістка – це адаптивна тканина, що здатна змінювати свою структуру й функцію в залежності від

механічних і метаболічних вимог організму впродовж усього періоду життя. Розвиток кісткової маси в період росту, а також підтримка її протягом життя залежить від м'язової активності та механічного навантаження. У більшості відомих нам досліджень виявлено позитивний вплив фізичного навантаження на стан кісткової тканини та зниження ризику переломів у літньому віці [23, 75, 125, 143, 240, 238].

При цьому, зокрема, відзначалося підвищення мінеральної щільності кісткової тканини і механічної міцності кісток. Протилежний ефект спостерігався при обмеженні рухової активності [80, 157, 194, 207, 239, 284]. Також вдалося виявити достовірну залежність рівня мінеральної щільності кісткової тканин від інтенсивності занять спортом та залежність величини кісткової маси від тривалості тренувань [167, 179].

Більшість усіх робіт присвячено вивченню впливу фізичного навантаження на мінеральну щільності кісткової тканин у дорослих. Дослідження вказували, що фізичне навантаження сприяє як утворенню нової кістки, так і збереженню піка стабільності кісткової маси. Причому саме фізичний вплив більш виражений у юному віці. У молодому та середньому віці позитивний ефект справляють помірні та відносно високі фізичні навантаження.

Ще однією умовою вивчення впливу фізичних навантажень динамічного характеру на плечову кістку на сучасному етапі економічного розвитку є зміни умов життя людини, харчування, екологія, суттєві перетворення довкілля, істотне збільшення потоку інформації, комп'ютеризація та механізація умов праці [208, 212, 217, 221].

Поряд з цим значно зростає соціальне значення медико-біологічних досліджень, спрямованих на профілактику захворювань, покращення здоров'я, підвищення працездатності населення, наукове обґрунтування нових видів спорту.

Сучасна експериментальна медицина суттєво впливає на розвиток біології, анатомії, фізіології, біохімії, спортивної медицини. Сьогодні вже



недостатньо зовнішніх ознак фізичного розвитку дитини для визначення пріоритетних видів спортивного напрямку при формуванні з неї майбутнього професійного спортсмена.

Практична і спортивна медицина вимагають глибоких і переконливих доказів при моделюванні впливу фізичних навантажень різної інтенсивності на всі системи організму і особливо на кістки скелету. Істотною перевагою експериментальної моделі є те, що на ній можливо об'єктивно досліджувати різноманітні варіанти впливу та режими навантажень на кісткову тканину, а також корелювати різноманітний їх діапазон з основними циркадними ритмами, статевими та віковими особливостями.

Отже, провідне місце у медико-біологічних дослідженнях належить експерименту. Ще І.П.Павлов говорив:” Тільки пройшовши через вогонь експерименту, вся медицина стане тим, чим повинна бути, тобто свідомою, а як наслідок - завжди і цілком цілеспрямовано діючою” (І.П.Павлов, 1951).

Для в'яснення впливу динамічних навантажень різної інтенсивності на плечову кістку експериментальних тварин використовували спеціально сконструйований третбан. Використання сучасних методів дослідження, які включають остеометрію, гістологічні та морфометричні дослідження епіфізарного хряща, губчастої та компактної речовини довгих кісток, визначення вмісту в них основних неорганічних макроелементів і остеотропних мікроелементів, аналіз цифрових показників методами математичної статистики з використанням таблиць та порівняльних графічних зображень, дозволило зробити ряд висновків про зміни в кістковій тканині в залежності від виду та інтенсивності фізичного навантаження та у відповідності з певним віком.

Для вирішення поставлених завдань проведено дослідження на 180 білих безпородних лабораторних щурах-самцях.

Обґрунтуванням вибору тварин для нашої роботи є те, що дані тварини є зручним експериментальним матеріалом, так як мають порівняно невеликий життєвий цикл. Це дозволяє протягом короткого проміжку часу прослідкувати

закономірності росту та формоутворення плечової кістки у тварин молодого, зрілого і старечого віку. В.И. Махинько, В.И. Никитин (1987) доводять, що швидкість обмінних процесів у білих лабораторних щурів в 30 разів більша, ніж у людини, що дає можливість прирівняти один день життя білого щура з одним місяцем життя людини та певним чином екстраполювати результати досліджень на людей.

В експериментальних дослідженнях на дрібних лабораторних тваринах більш надійною є постановка дослідів на групі (серії) тварин з моделюванням однотипних режимів фізичного навантаження.

При моделюванні фізичних навантажень ми провели їх стандартизацію для даних тварин в залежності від інтенсивності навантажень. В наших дослідях ми розділили динамічні фізичні навантаження на помірні та інтенсивні. Моделювання динамічних навантажень проводилось в третбані з регульованою швидкістю руху, який був конструйований на кафедрі анатомії людини ТДМУ ім. І.Я. Горбачевського (свідоцтво на винахід № 818/573). Швидкість руху третбана, з якої починали тестування складала 1,8 км/год., при якій всі тварини бігали добре. За 5-6 тренувань щурі привчаються рівномірно бігти по стрічці. На наступному етапі швидкість руху стрічки підвищували до рівня, при котрій тварина ще утримувалась на стрічці. Її приймали за максимальну швидкість бігу, що відповідало методиці Сагалянова та Швидкого. В режимі помірних фізичних навантажень тварини отримували 55 % від максимального навантаження, а в інтенсивному – 80 %. Тривалість бігу в різних вікових групах на початку експерименту складала 5-10 хвилин, а до кінця досліді досягала 90 хвилин.

В залежності від індивідуальних швидкісних якостей щурі комплектувались у групи по 6 тварин. Експеримент тривав протягом 60-ти днів з періодичним проміжком виведення тварин із експерименту через кожні 20 днів та проведенням усього комплексу дослідження плечової кістки.

Задля об'єктивізації експерименту з кожної вікової групи відібрано по 24 тварини, що складала контрольну групу. Дані тварини перебували на

звичайному харчовому режимі віварію. По 6 тварин з кожної групи забирали для повного комплексного дослідження морфо-функціональних показників плечових кісток на початку експерименту та через 20, 40 та 60 днів експериментального періоду.

Це дало змогу прослідкувати особливості вікового моделювання кісткової тканини у певних вікових періодах життя білих лабораторних щурів та сформувати банк даних, що містив показники для порівняння з даними від експериментальних тварин. Таким чином, на основі математичного статистичного аналізу був проведений об'єктивний аналіз змін у плечових кістках експериментальних тварин.

Вивчаючи структурну перебудову кісткової тканини плечових кісток у тварин різних вікових груп під впливом помірних фізичних навантажень, було виявлено, що помірні фізичні вправи викликають активність остеосинтетичних процесів, що проявляється переважанням усіх остеометричних параметрів експериментальних тварин над контрольними показниками вже через 20 днів експериментального періоду. Протилежний ефект викликали в кістковій тканині інтенсивні фізичні навантаження. Однак, швидкість адаптативного ремоделювання та його прояв різнився у кожній з вікових груп щурів.

Так, помірні фізичні навантаження у молодих щурів ведуть до збільшення довжини плечової кістки у порівнянні з контролем, однак величина змін не досягає статистично достовірних величин за 60-ть експериментальних днів. Це ж стосується розмірів проксимального та дистального епіфізів та середини діяфіза. Аналогічні твердження є справедливими для характеристики остеометричних змін плечових кісток під впливом помірних фізичних навантажень у зрілих та старих тварин.

Незважаючи на активний період росту, додаткове стимулювання помірними динамічними навантаженнями все ж не спричинило "вибуху" ростових процесів навіть у групі молодих тварин.

Фізичні динамічні навантаження інтенсивного характеру у всіх групах експериментальних тварин мали негативний ефект і сповільнювали ростові

процеси. Остеометричні дані плечових кісток у тварин з інтенсивними тренуваннями в більшості досліджень знову таки статистично недостовірно були меншими за аналогічні контрольні дані, тобто лише вказували на тенденцію у напрямку до зупинки росту.

Лише вимірювання середини діафіза у кістках молодих тварин дало можливість математично обґрунтовано стверджувати про суттєву затримку приросту кісткової тканини у молодих щурів в ділянці діафіза: ширина середини діафіза в середньому був меншим за контроль на 5,85 %, а середньо-задній розмір діафіза відставав від контролю на 11,97 % (рис. 7.1, 7.2 та табл. додатків А.1, Б.1, В.1).

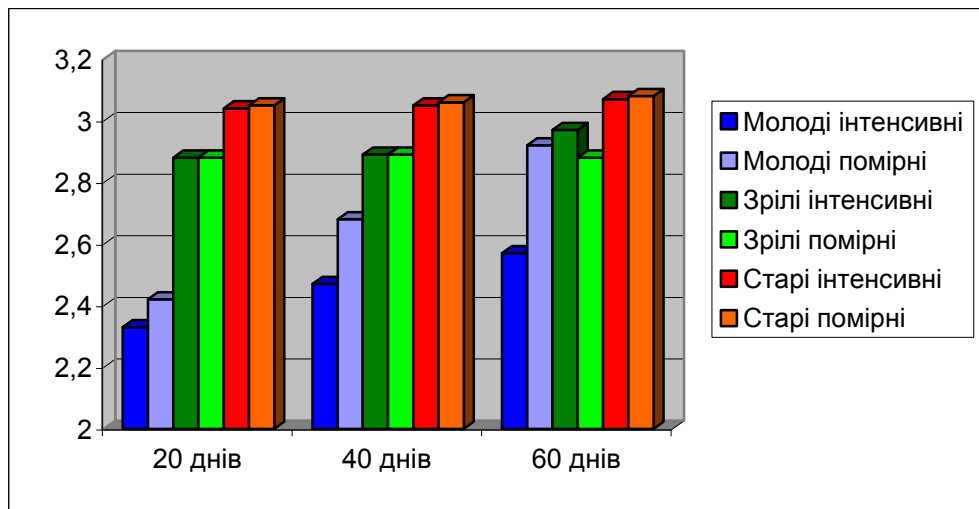


Рис. 7.1. Відсоткове співвідношення ширини середини діафіза плечової кістки тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Вважаємо, це непрямо узгоджується з даними [32, 44, 45, 51] про активізацію апозиційного росту та активні остеорезорбтивні процеси при ремоделюванні кісткової тканини в місцях інтенсивного кровообігу.

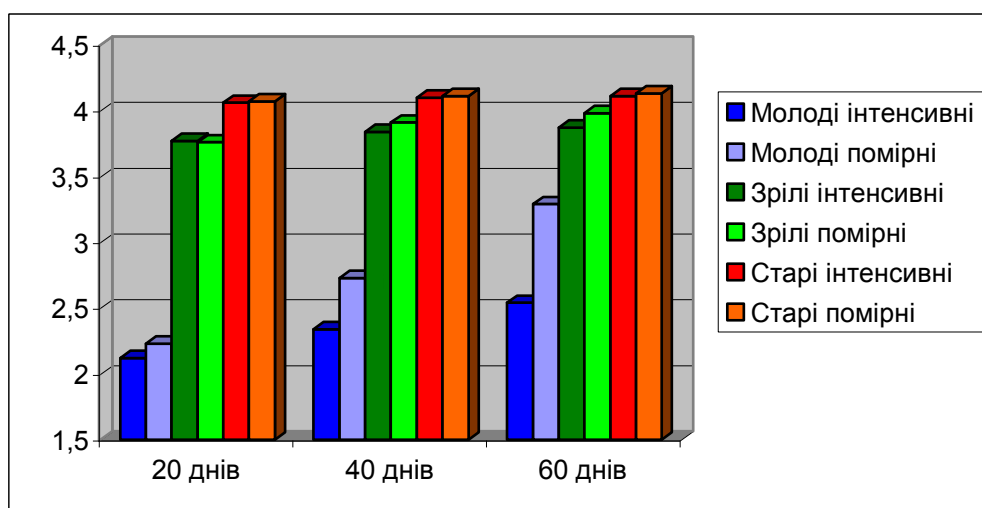


Рис. 7.2. Відсоткове співвідношення передньо-заднього розміру середини діяфіза плечової кістки тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Саме судини окістя забезпечують камбіальний шар усіма необхідними речовинами для синтезу нової кістки та є джерелом надходження руйнівників кістки – остеокластів.

Регулярні помірні динамічні навантаження викликають деформацію довгих кісток, яка є активним насосом перекачування крові через систему судин у центральних каналах остеонів, та сприяють тим збільшенню швидкості руху та об'ємів крові у системі кісткових судин.

Оптимізація неорганічного матриксу сприяє прискоренню мінералізації, проліферативна активність хондроцитів підвищується в прямій залежності від часу дії помірної динамічного навантаження.

Ріст довгих кісток вздовж осі відбувається за рахунок метаепіфізарної росткової пластинки – росткового хряща, у якому відбуваються незворотні інволютивні зміни [104].

Його функціональний стан є індикатором балансу між остеосинтетичною спроможністю та резорбтивною готовністю кісткових систем. Його дослідження дає неоцінені свідчення про стан кістки у цілому.

Помірні динамічні навантаження сповільнюють фізіологічний процес інволюції епіфізарного росткового хряща в усіх вікових групах піддослідних тварин. Це дає змогу триваліший час зберігати вищу функціональну активність хрящових клітин та їх комплексів. В експерименті з помірними динамічними навантаженнями хрящова пластинка має типову структуру та зберігає ознаки високої функціональної активності. Колонки хондроцитів добре виражені, значну їх частину займає зона проліферації (див. рис. 4.1 – 4.3).

У молодих щурів під впливом помірних навантажень ширина хряща залишається вищою за контрольні показники на 3,57 %.

У тварин зрілого віку, що піддавалися помірним динамічним навантаженням, гістологічна картина чітка, виражена зональність, добре експресуються клітинні елементи та міжклітинна речовина. Зона індиферентного хряща насичена клітинними елементами, які є невеликими за розмірами, часто формують ізогенні групи та активно заповнюють інтерстицій росткової пластинки.

Міжклітинна речовина хряща зони проліферації та росту містить колагенові та фіброеластичні волокна, що задають напрямок розміщення хондроцитів. Її об'єм збільшений у даній віковій категорії, через що колонки клітин хряща ширше відстоять одна від одної. Внаслідок більшої кальцифікації міжклітинного матриксу та його компонентів поблизу діафізарного краю пластинки, фібро-еластичні волокна краще контрастуються ближче до зони деструкції. В метафізарній частині вони є центральним елементом формування майбутніх кістково-хрящових трабекул губчастої речовини (див. рис. 5.1 - 5.3).

Порівнюючи препарати росткової хрящової пластинки старих щурів впродовж експерименту стає помітним зближення колонок хондроцитів за рахунок зменшення кількості проміжної речовини (рис. 6.1 – 6.3). Однак, їх морфометричні переваги на аналогічними контрольними є значно скромнішими і ледве вказують на тенденцію до збільшення (рис. 7.3 – 7.4). Як відомо, хрящова тканина не має судин і життєдіяльність клітин підтримується за рахунок дифузії поживних речовин через товщу хряща [111]. Ми

припускаємо, що саме фізичні навантаження та локальні деформації хрящової тканини є фактором створення додаткового гідростатичного тиску, який сприяє активному транспорту розчинів через інтерстиційні пластинки. Можливо вищий ступінь зрілості хрящової пластинки та її складових у зрілих та старих щурів не дозволив більш ефективно реалізуватися репаративним процесам у даних категоріях тварин, або ж процес був обмежений часовим фактором.

Знову ж таки протилежний ефект впливу фізичних навантажень на структурні характеристики хрящової росткової пластинки спостерігали при дослідженні кісток тварин, що піддавалися інтенсивному режиму динамічних навантажень. Надмірно важкі тренування призводили до декомпенсації в системі життєзабезпечення хрящової пластинки. Руйнувалася зв'язки в структурній ієрархії клітинно-тканинних взаємодій, що на гістологічному рівні проявилось різким збільшення кількості проміжної речовини, втратою клітинних елементів, деформацією та руйнуванням колонкової архітектоники епіфізарного хряща. Загалом це однотипна реакція для усіх вікових груп щурів. У молодих щурів спостерігається руйнування та цитоліз хрящових клітин. Зустрічаються ділянки з тотальним каріолізисом клітин. Різко розширена зона деструкції, однак і вона втратила характерні риси "пухирчастості" клітин.

Уся росткова пластинка представлена довгими крупними, світлими без'ядерними хондроцитами у кожній з "колонок" та добре вираженими фібро-еластичними волокнами проміжної тканини (див. рис. 4.7 – 4.9).

Характерними рисами дії інтенсивних тренувань на хрящову пластинку зрілих щурів є деформація колонок клітин. Надлишок проміжної хрящової тканини перериває повздовжню орієнтацію хондроцитів. Ступінь змін прямо пропорційний тривалості експерименту. Спостерігається сповільнення клітинної активності хондроцитів та розширення зони деструкції за рахунок поглинання зони росту та розмноження (див. рис. 5.6 – 5.8).

У групі старих лабораторних щурів інтенсивні навантаження збільшують кількість проміжної речовини, що активно витісняє клітини хряща в зоні спокою та вклинюється в зону розмноження.

Активно розширюється зона деструктивних клітин, захоплюючи зони росту та проліферації. Спостерігаються зменшення розмірів ядра і каріолізис в окремих клітинах. На закінчення експерименту з інтенсивними динамічними навантаженнями типова структура росткового хряща майже повністю зруйнована. Хондроцити зони проліферації неактивні, з ознаками анізоцитозу. Їх ядра зменшені або й відсутні. Клітини нечіткі, зональність майже не диференціюється (див. рис. 6.7 – 6.9).

Таким чином, вплив інтенсивних навантажень на структуру хрящової росткової пластинки має певні особливості для кожної з вікових груп. Однак, впадає у вічі спільна риса – збільшення кількості проміжної речовини в хрящовій пластинці. Однотипна реакція у вигляді активації росту проміжної речовини зустрічається і в інших експериментальних роботах [35, 100, 110, 119, 134, 189]. Подібні зміни можна пояснити гіпоксичним станом тканини, що провокується порушенням кровообігу в області губчастої речовини, яка межує з хрящем. Наслідком є гіпоксія хрящової тканини, ішемія хондроцитів та підвищення активності мезенхімальних клітин.

Тяжкі функціональні порушення метаепіфізарної хрящової пластинки знайшли своє підтвердження і у втратах морфометричних величин, що виявилось при порівнянні з контрольними даними. Найсуттєвішими вони були у групі молодих щурів. Ширина епіфізарного хряща стала меншою за контроль на 13,65 %.

У зрілих експериментальних тварин дефіцит ширини був лише 1,33 %, а в старих – 0,39 %, що вказує на негативну тенденцію та можливо пояснити низьким рівнем обмінних процесів хрящової тканини у тварин даного віку (рис. 7.3 – 7.4).



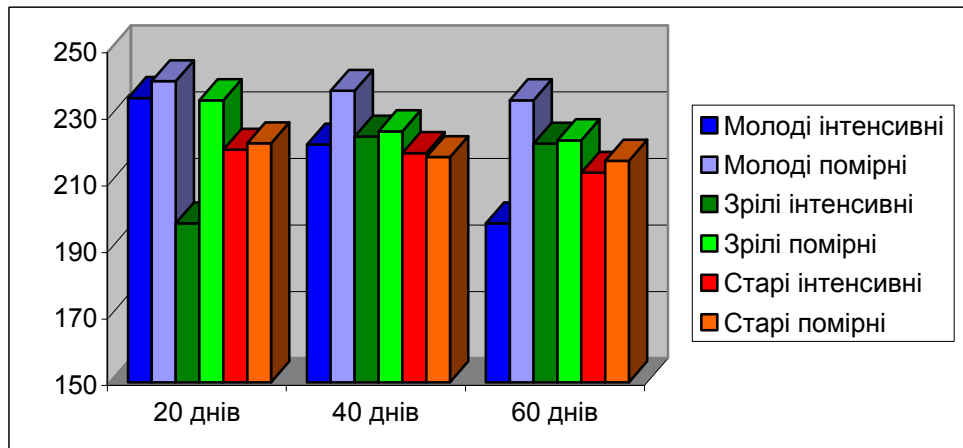


Рис. 7.3. Відсоткове співвідношення ширини епіфізарного хряща плечової кістки тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

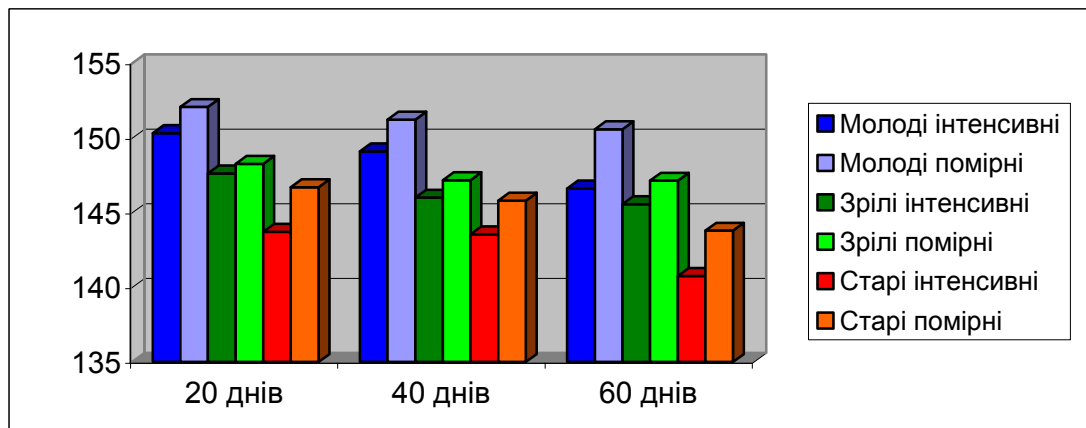


Рис. 7.4. Відсоткове співвідношення ширини зони проліферації плечової кістки тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Досліджуючи губчасту частину діафіза плечової кістки у щурів різних вікових груп, що піддавалися динамічним навантаженням різної інтенсивності, ми відмічали достовірні зміни зі сторони в перебудові структурного компоненту, що узгоджується з даними літератури [78, 149, 150, 151, 171, 175, 176, 185, 193, 213] про найвищу активність губчастої речовини кістки завдяки

величезній площі контакту кристалів гідрооксиапатиту та міжтканинної рідини.

При помірних динамічних навантаженнях об'єм загальної спонгіози значно виріс і переважав контрольні заміри в інтактних тварин на 47,74 % в зрілих тварин та 57,04 % в старих, що побічно виказували підвищений рівень кальцію у тканині плечових кісток.

Дефіцит мінеральних складових відобразився на порушенні завершеного формування вторинної спонгіози з первинної в усіх вікових групах тварин при інтенсивних динамічних навантаженнях. У порівнянні з контролем об'єм загальної спонгіози у експериментальних тварин був меншим у молодих щурів на 10,25 %, старих тварин – на 6,58 %. У зрілих щурів дефіцит кількості загальної спонгіози був найменшим – 2,75 % (рис. 7.5).

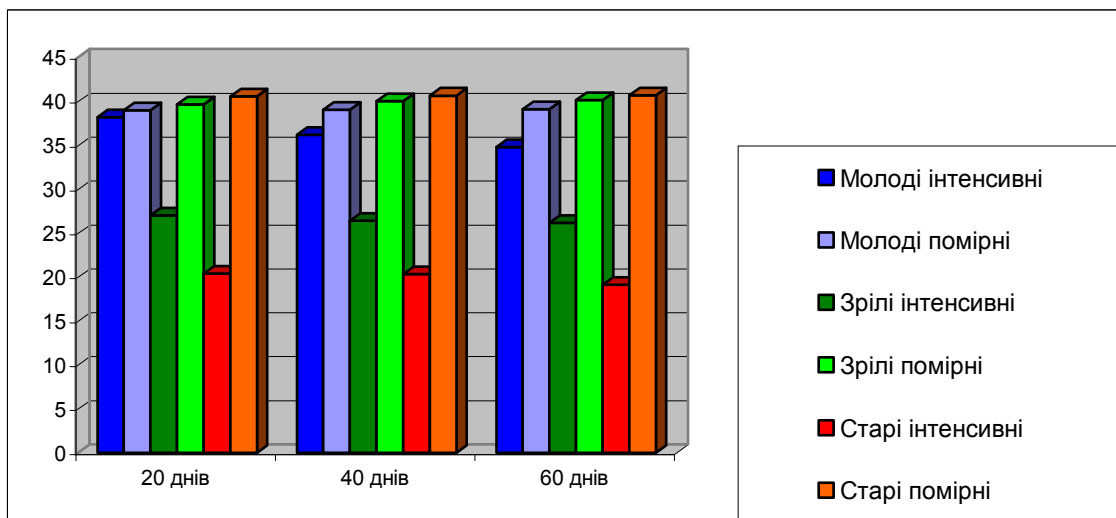


Рис. 7.5. Відсоткове співвідношення об'єму загальної спонгіози плечової кістки тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях

Чітким індикатором активності тканини в живому організмі є наявність бластних клітин в ділянці дослідження, адже саме вони продукують основні компонентні матеріали тканини.

Кількість остеобластів первинної спонгіози у тварин молодого віку, які отримували помірні фізичні навантаження протягом експерименту

перевищувала контроль на 4,03 %, зрілих тарин – не виходили за межі похибки, а в старих тварин їх кількість впевнено подолала 12,25 %.

Важким фактором впливу на губчасту речовину кістки стали інтенсивні тренування, про що яскраво свідчать показники кількості остеобластів: у молодих щурів їх менше за норму на 25,48 %, у зрілих – на 10,81 %; у старих – на 41,22 % (рис. 7.6).

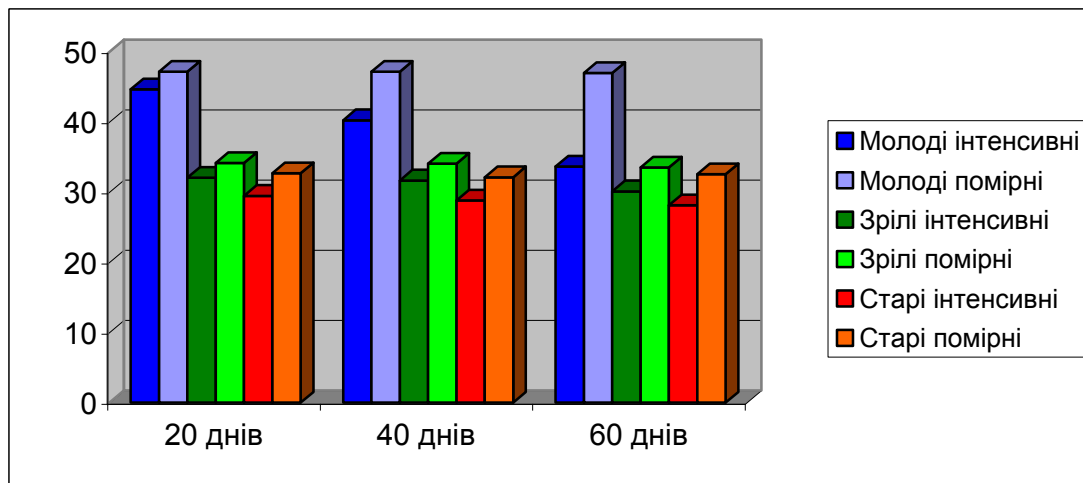


Рис. 7.6. Відсоткове співвідношення остеобластів первинної спонгіози у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Незважаючи на показну, з першого погляду, сталість та міцність компактної речовини діафіза, дані літератури [57, 139, 151, 193, 258, 269, 277] та наші гістологічні та морфометричні дослідження вказують на її пластичність при дії зовнішніх чи внутрішніх чинників. Гістологічні вивчення зрізів компактної речовини при помірних фізичних навантаженнях не виявляють особливих змін при порівнянні з контролем у структурі діафіза в жодній з вікових груп, що вивчалися нами.

Однак, при вивченні препаратів діафіза щурів з експериментальних груп, що піддавалися інтенсивним фізичним навантаженням виявляли значні перетворення компактної речовини, які були добре помітні у світловий

мікроскоп. У групі молодих тварин компактна речовина з ознаками різко пригніченої перебудова первинних генерацій остеонів. В полі зору мікроскопа видимі строкаті поля з остеоїдом та осередки звапнення. Експресовані лінії цементациї надають діафізу рис грубоволокнистої кістки. Кількість і розміри порожнин резорбції прогресивно збільшуються з часом експерименту. Остеокластична резорбція є основною у процесах руйнування кістки. Спостерігаються процеси розшарування компактної речовини. До кінця 60-го дня експерименту з інтенсивними динамічними навантаженнями кісткова компактна речовина діафіза має мозаїчну структуру з чисельними некротичними ділянками та зонами. Звільнені від некрозу ділянки діафіза зі сторони зовнішньої та внутрішньої поверхонь надають поверхням зазубленого та шорсткого вигляду. Центральні канали значно розширені та деформовані, часто є центром формування остеоїду навколо себе (див. рис 4.10 – 4.12).

Значно менші руйнування відмічаються у групі тварин зрілого віку. У зонах оточуючих пластинок спостерігаються локальні нашарування остеоїду, які призводять до нерівномірного збільшення їх ширини. Кількість неоформленої кісткової тканини зростає, діафіз набуває ознак молоді примітивної кістки. Активна остеокластична резорбція формує чисельні лакуни резорбції, які на поперечних шліфах сприймаються як дірки (див. рис. 5.9 – 5.11). Незрівняно важчих перетворень зазнала компактна речовина діафіза тварин старечого віку. Межі зон в препаратах діафіза згладжені, в полі зору суцільні лакуни резорбції, що мають значну площу. Більшість остеонів характеризуються нерівномірно значно розширеними каналами, що веде до значної порозності компактної речовини. Лінії цементациї грубого виду, остеоїд переважає за площею оформлену кісткову тканину і надає кістці мозаїчного вигляду (див. рис. 6.10 – 6.12). При дослідженні діафіза плечової кістки молодих тварин, які протягом експерименту отримували помірні фізичні навантаження, спостерігається незначне (в межах похибки) зменшення ширини внутрішніх оточуючих пластин. Протягом 60-ти днів тренувань інтенсивними

фізичними навантаженнями цей показник достовірно зростає (максимально на 10,99 % у порівнянні з контролем). У зрілих і старечих тварин спостерігається така ж тенденція, що і у молодих: деяке потовщення при помірних тренуваннях, яке не виходить за межі похибки.

Адаптація діафіза до інтенсивних навантажень призвела до потовщення внутрішніх генеральних пластинок, особливо у старих тварин (в середньому на 29,79 %.) Аналогічний середній показник збільшення товщини внутрішніх оточуючих пластинок у тварин зрілого віку склав 17,55 % (рис. 7.7).

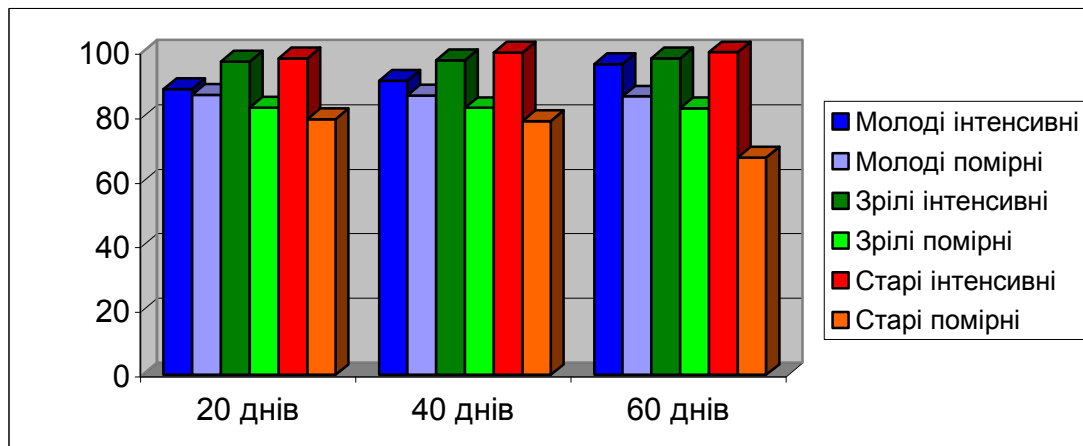


Рис. 7.7. Відсоткове співвідношення ширини внутрішніх оточуючих пластин у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Абсолютно аналогічних перетворень зазнають зовнішні оточуючі пластинки. Не зупиняючись на даних, що не виходять за межі похибки, згадаємо лише тварин зрілого віку, у яких величина зовнішніх пластинок зменшилася на 4,67 %. Середній же приріст ширини зовнішніх оточуючих пластинок становив: у молодих щурів на 3,32 %, у зрілих тварин – на 26,76 %, у старих – на 14,02 % (рис. 7.8).

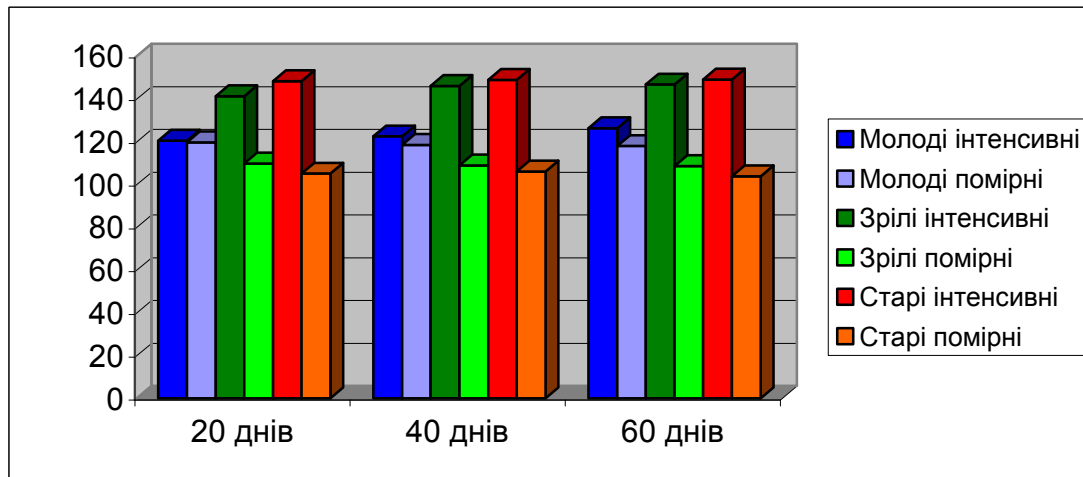


Рис. 7.8. Відсоткове співвідношення ширини зовнішніх оточуючих пластин у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Проведені морфометричні дослідження вказують на особливий позитивний ефект помірних навантажень для збільшення ширини остеонного шару у тварин зрілого віку.

За час експерименту у тварин цієї групи відмічався середній приріст ширини шару остеонів на 7,34 % на кожному з етапів. У молодих тварин було зафіксовано максимально збільшення даного параметра лише на 5,77 %, у тварин старечого віку – на 10,23 %.

Інтенсивні динамічні тренування ведуть до редукції шару остеонів. Величина змін виходила за рамки похибки лише у старих тварин і становила 11,69 % (рис. 7.9).

Морфометричні перетворення складових не могли не позначитися на площі діафіза плечових кісток експериментальних тварин. Площа діафіза значно збільшується у молодих тварин, які протягом експерименту отримували помірні фізичні навантаження (максимально на 8,21 %), в той час як у тварин, які отримували інтенсивні навантаження цей показник зменшився також суттєво (максимально на 7,28 %).

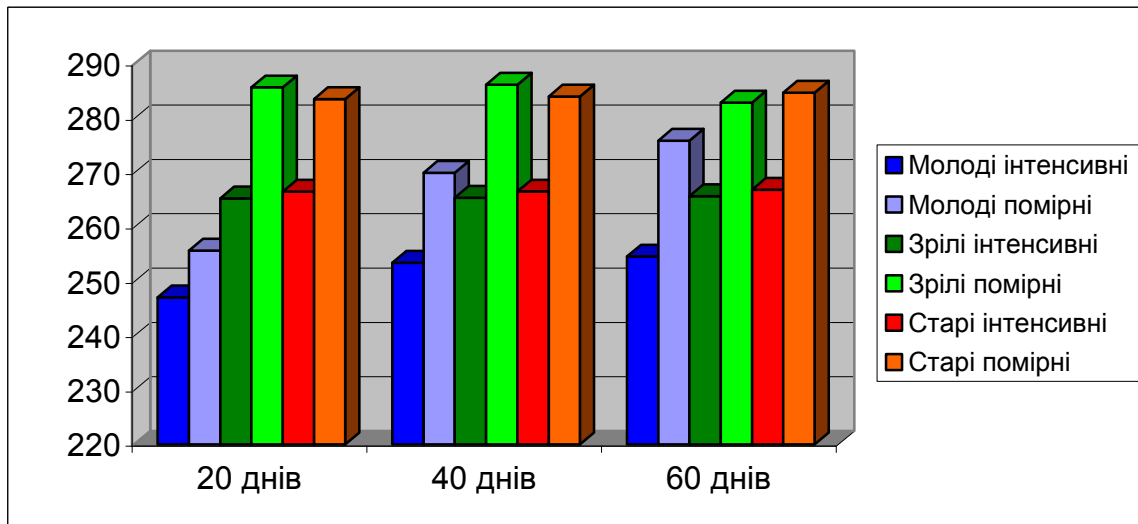


Рис. 7.9. Відсоткове співвідношення ширини остеонного шару у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

У групі зрілих лабораторних щурів після тренувань помірними навантаженнями відзначили збільшення площі діафіза на 10,28 %.

У тварин старечого віку приріст площі діафіза становив лише 2,35 %.

У тварин зрілого та старечого віку інтенсивні динамічні тренування вели до зменшення величини діафіза на 5,38 % та 17,02 % (рис. 7.10).

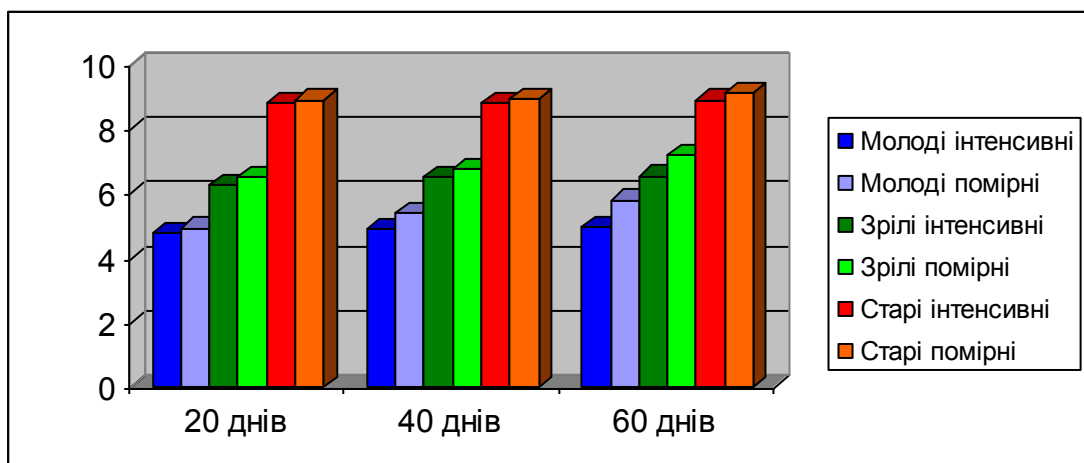


Рис. 7.10. Відсоткове співвідношення площі діафіза плечової кістки тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Помірні фізичні навантаження не викликають у тварин помітних змін у величині кістково-мозкового каналу. Це стосується усіх наших експериментальних груп без винятків. В той же час інтенсивні тренування моделюють довгу кістку за рахунок розширення кістково-мозкового каналу.

Здійснивши перерахунок на відносні величини, бачимо зростання площі каналу у молодих тварин на 13,14 %, у зрілих тварин розширення сягнуло 63,42 %, у старих – 48,67 % (рис. 7.11).

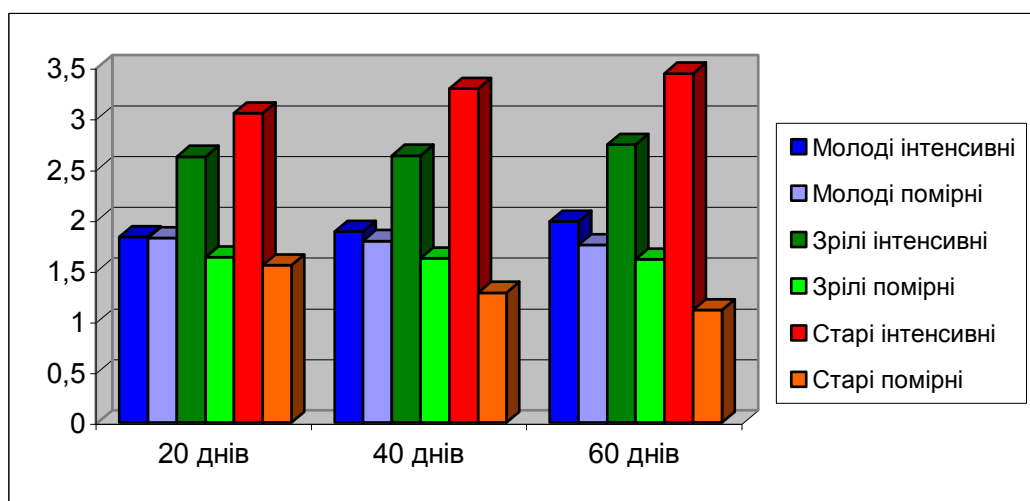


Рис. 7.11. Відсоткове співвідношення площі кістково-мозкового каналу у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Аналогічно до вищеописаних перетворень відмічаємо зміни у моделюванні діаметра остеона та його центрального каналу в усіх вікових групах щурів при помірних та інтенсивних динамічних фізичних навантаженнях. Збережена тенденція до зменшення діаметра каналу остеона при помірних динамічних навантаженнях та розширення його при навантаженнях інтенсивного рівня.

Цифрові величини, що характеризують дану структуру за різних режимів навантажень занесені у таблиці додатків, а графічне зображення на рис. 7.12 та 7.13.



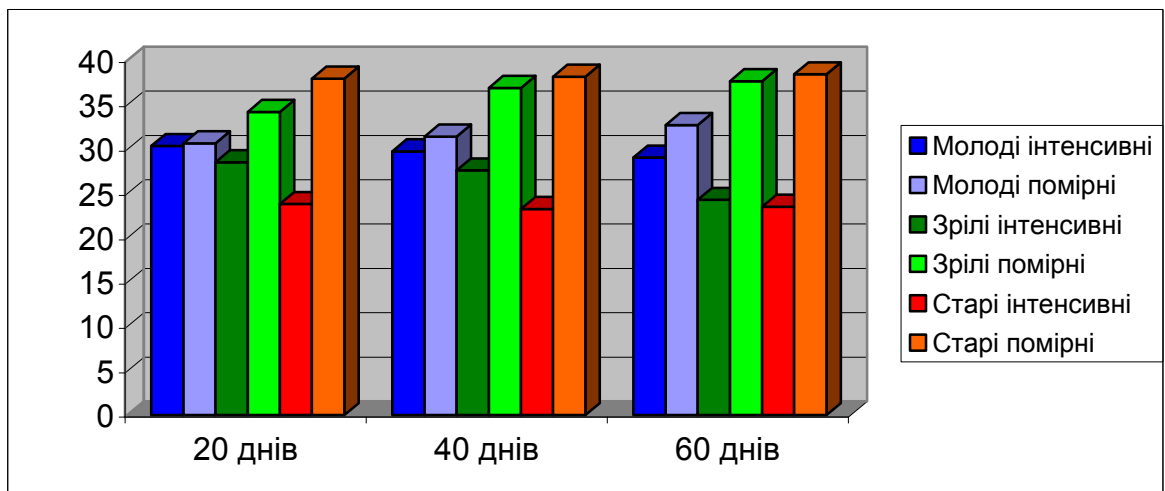


Рис. 7.12. Відсоткове співвідношення діаметра остеона у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

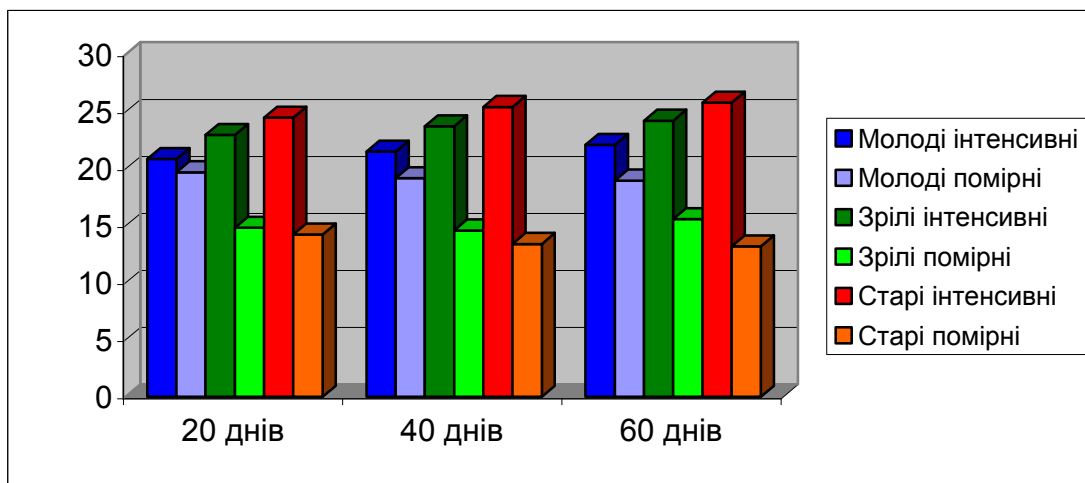


Рис. 7.13. Відсоткове співвідношення діаметру каналу остеона у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Таким чином, досліджуючи стан компактної речовини діафіза у тварин різних вікових груп та за різних режимів рухової активності, виявили достовірний морфометричний приріст ширини остеонного шару, площі діафіза та діаметра остеона у всіх групах тварин.

Протилежні перетворення відбувалися за тими ж параметрами у експериментальних тварин з інтенсивним типом динамічних тренувань. Дані

реакції пояснюються різними (протилежними) впливами помірних та інтенсивних навантажень на стан кровообігу в компактній речовині діафіза та узгоджуються з даними про гідродинамічні ефекти в довгих кістках. Динамічні навантаження викликають деформацію систем остеонів та гідродинамічні ефекти в них, які, згідно Бруско А.Т., Омельчук В.П. (1999) [44, 45], активно прокачують кров та сприяють тим збільшенню об'ємів крові у системі кісткових судин. Згідно авторів позитивний гідродинамічний ефект виникає при функціональному темпі навантаження, який не тільки діє фізично, деформує системи остеонів в межах фізіологічної норми, але і має еволюційно встановлений ритм, що дозволяє відновити деформовану форму та проштовхнути певний об'єм крові. Цей ритм є тотожний помірним динамічним навантаженням.

При підвищенні частоти впливів (темпу бігу) до певного рівня гідродинамічний ефект зменшується (режим інтенсивних навантажень), коли система не встигає відновлювати деформовані остеони. Поступальний рух крові замінюється коливальним, маятниковподібним, що викликає гіпоксію тканин аж до некрозу. Це ініціює активацію остеокластичної резорбції, розвиток дистрофічних змін, гладкої резорбції кісткової тканини та остеопорозу. Наслідком таких процесів є утворення ніш резорбції, розширення центральних та сполучних каналів, формування множинних осередків з детритами та трансформація високоорганізованого типу кісткової тканини у її більш примітивні форми.

Вміст води у кістках тварин молодого віку протягом 60-ти днів тренувань помірними фізичними навантаженнями динамічного характеру зростає (максимально на 9,09 %), порівняно з контролем. У тварин цієї ж вікової групи, які отримували інтенсивні фізичні навантаження, вміст води у кістках значно зменшується в середньому на 3,96 %, відповідно (рис. 7.14 та табл. додатка А.3). Вміст води у плечових кістках тварин зрілого віку, які отримували помірні та інтенсивні навантаження зменшується в середньому на 34,86 %, 51,42 %.

Кістки тварин старечого віку реагують на помірні фізичні навантаження збільшенням кількості води, що в середньому складає 2,74 % а при інтенсивних навантаженнях зменшується на 30,26 % у порівнянні з контролем (рис. 7.14 та табл. додатка В.3).

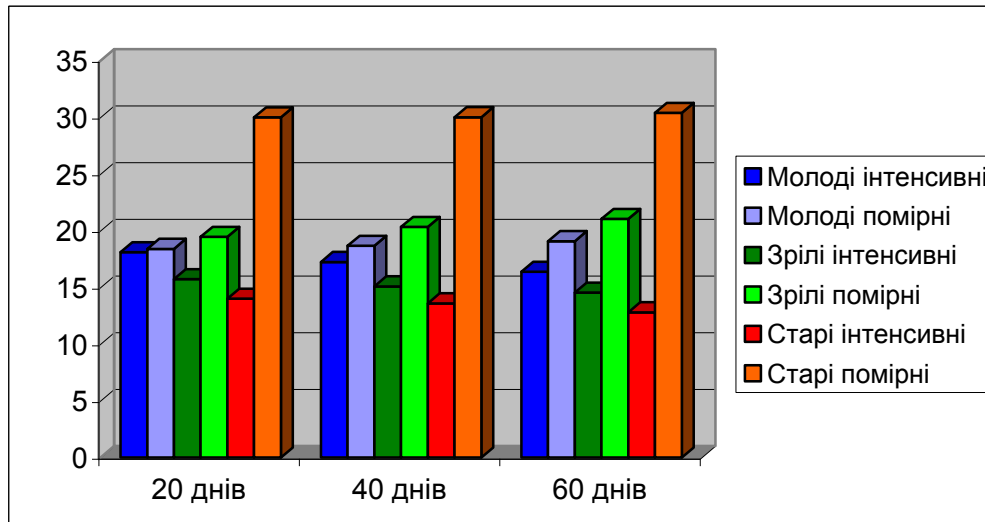


Рис. 7.14. Відсоткове співвідношення води у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Значно збільшується кількість мінеральних речовин у тварин молодого, зрілого та старечого віку протягом 60-ти експериментальних днів, які отримували помірні навантаження (рис. 7.15 та табл. додатка А.3, Б.3, В.3), у тварин цього ж віку, які отримували інтенсивні навантаження, їх вміст зменшується в середньому на 14,13 %; 29,19 %; 19,49 %, у порівнянні з контролем.

Експериментальні тварини всіх вікових груп, які отримували помірні навантаження, реагують збільшенням кількості кальцію у плечових кістках (рис. 7.16 та табл. додатків А.3, Б.3, В.3), в той час як інтенсивні навантаження за весь час експерименту призводили до зменшення кількості кальцію в середньому у молодих тварин на - 20,40 %, зрілих на - 51,12 % та у старих на - 21,24 %, що може бути причиною остеопоротичних проявів.

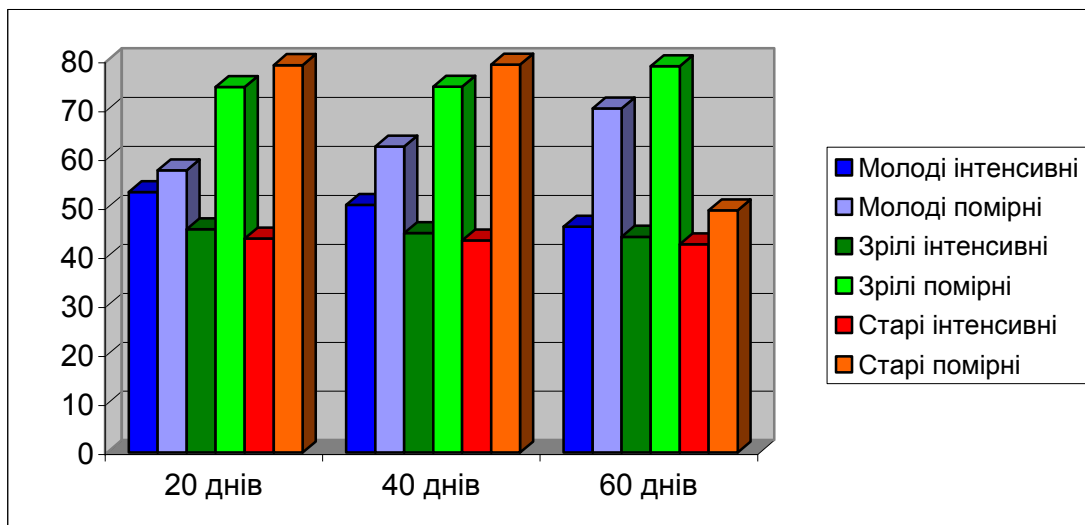


Рис. 7.15. Відсоткове співвідношення мінеральних речовин (на суху речовину) у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

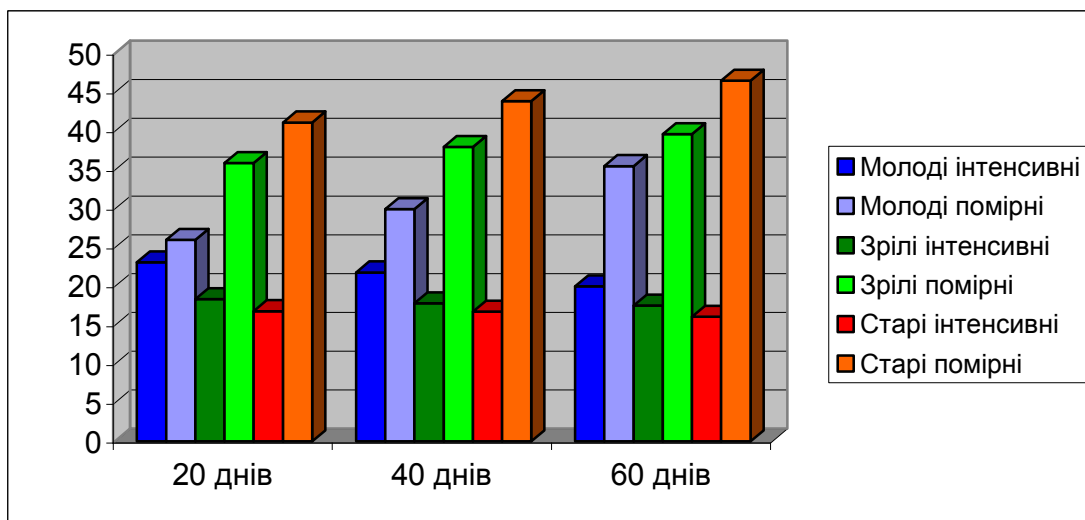


Рис. 7.16. Відсоткове співвідношення кальцію у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Плечові кістки тварин молодого віку реагують на двохмісячні помірні фізичні навантаження значним збільшенням вмісту фосфору (рис. 7.17 та табл. додатка А.3).

У тварин цього ж віку, які отримували інтенсивні фізичні навантаження, вміст фосфору значно зменшується в середньому - на 15,29 %. Аналогічні дані ми спостерігаємо у тварин зрілого та старечого віку, які отримували помірні та інтенсивні фізичні навантаження динамічного характеру протягом двохмісячного експерименту (рис. 7.17 та табл. додатків Б.3, В.3).

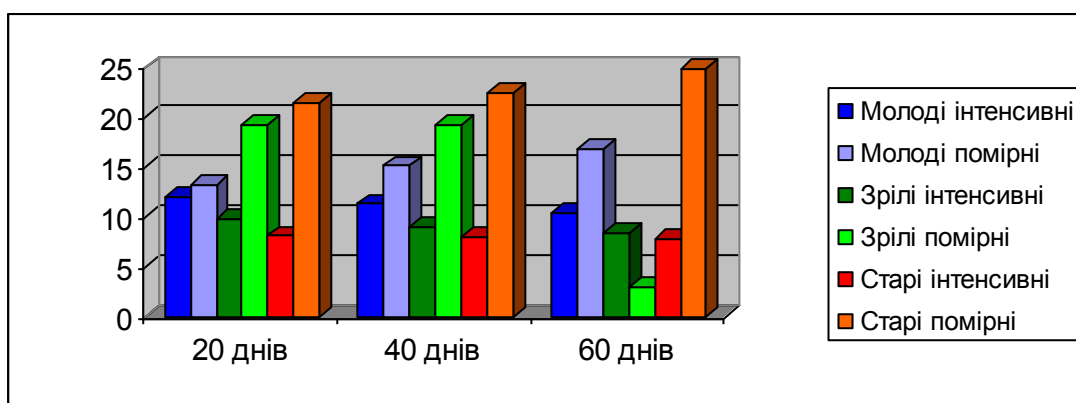


Рис. 7.17. Відсоткове співвідношення фосфору у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях

Вміст натрію збільшується у плечових кістках молодих, зрілих і старечих тварин, які протягом двох місяців експерименту отримували помірні фізичні навантаження, в той час як у даних тварин, після інтенсивних фізичних навантажень його вміст значно зменшується у порівнянні з контролем (рис. 7.18 та табл. додатків А.3, Б.3, В.3).

Відмічено максимальне зростання вмісту калію у тварин молодого віку, які отримували помірні фізичні навантаження протягом експерименту 23,87%.

У цій же віковій групі тварин, після тренувань інтенсивними фізичними навантаженнями вміст кальцію зменшується в середньому на 7,44 %, у порівнянні з контролем (рис. 7.19 та табл. додатка А.3).

У плечових кістках зрілих тварин, які отримували фізичні навантаження помірною характеру, максимальний вміст калію збільшується на 12,18 %, а у тварин після тренувань інтенсивними фізичними навантаженнями протягом експерименту максимальний вміст калію зменшується – 76,14 %. Аналогічні

зміни ми спостерігаємо у тварин старечого віку, які протягом двох місяців експерименту отримували помірні та інтенсивні фізичні навантаження (рис. 7.19 та табл. додатка В.3).

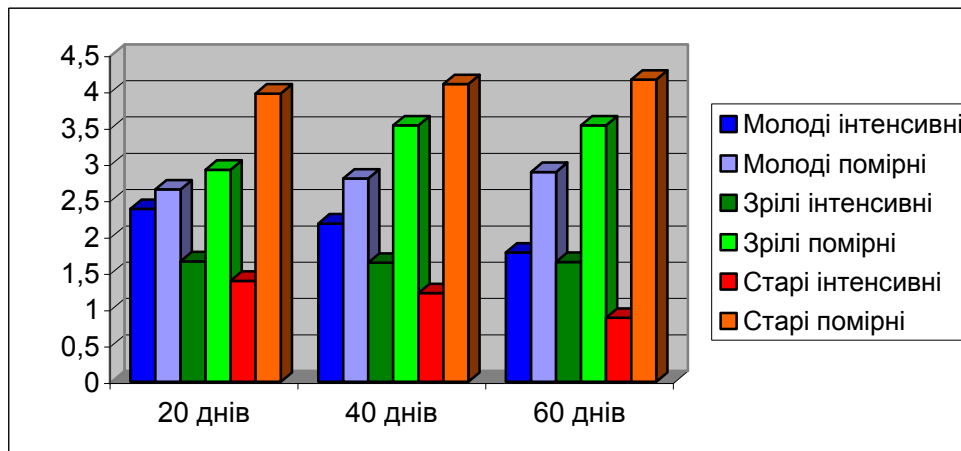


Рис. 7.18. Відсоткове співвідношення натрію у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

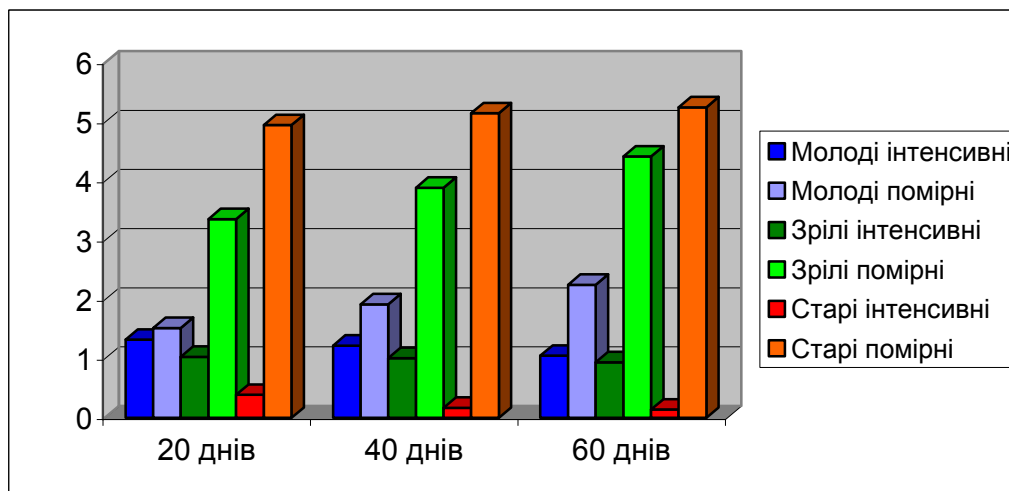


Рис. 7.19. Відсоткове співвідношення калію у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

За час експерименту, у всіх вікових групах після помірних фізичних навантажень спостерігається збільшення вмісту магнію в середньому на 9,10 %; 28,67 %; 21,90 %.

У тварин цієї ж вікової групи, які отримували інтенсивні фізичні навантаження, спостерігається зменшення кількості магнію у плечових кістках в середньому на 15,90 %; 33,83 %; 19,78 %, у порівнянні з контролем (рис. 7.20 та табл. додатків А.3, Б.3, В.3).

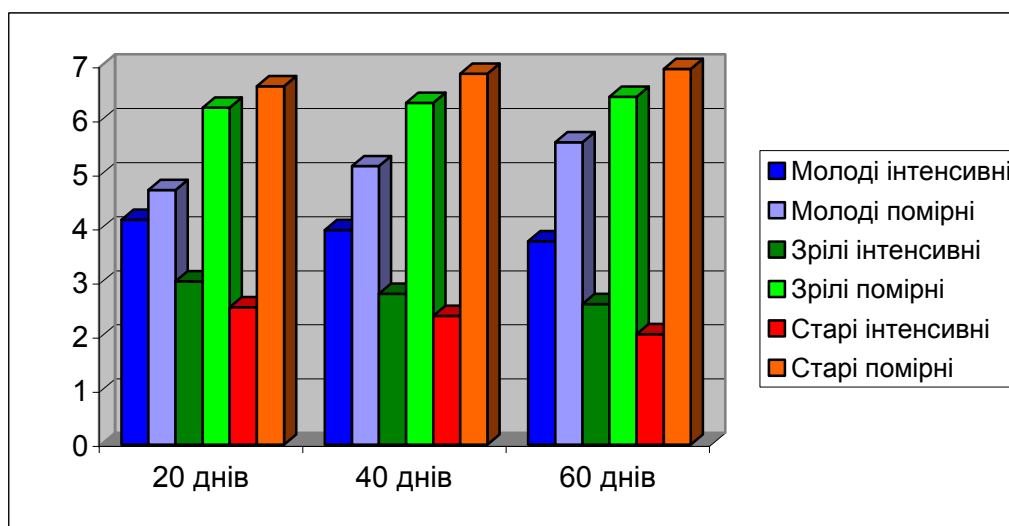


Рис. 7.20. Відсоткове співвідношення магнію у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Спостерігається максимальне збільшення кількості марганцю у плечовій кістці тварин молодого віку, протягом 60-ти днів експерименту при помірних фізичних навантаженнях, на 28,06 %, у порівнянні з контролем.

У даній групі молодих тварин, які отримували інтенсивні фізичні навантаження, спостерігається максимальне зменшення цього показника на 47,45 %.

Аналогічну картину ми спостерігаємо у тварин зрілого та старечого віку, які протягом 60-ти днів експерименту отримували помірні та інтенсивні навантаження (рис. 7.21 та табл. Б.3, В.3).

У тварин молодого віку, яких протягом експерименту тренували помірними фізичними навантаженнями вміст міді збільшується в середньому на 20,15 %.

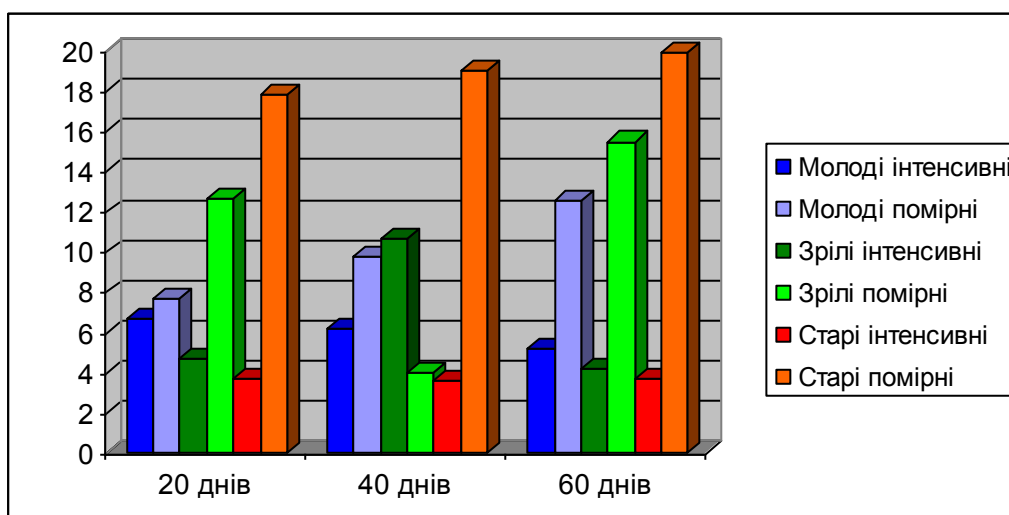


Рис. 7.21. Відсоткове співвідношення марганцю у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

А при інтенсивних навантаженнях спостерігається значне зменшення даного показника в середньому на 8,10 % (рис. 7.22 та табл. додатка А.4.).

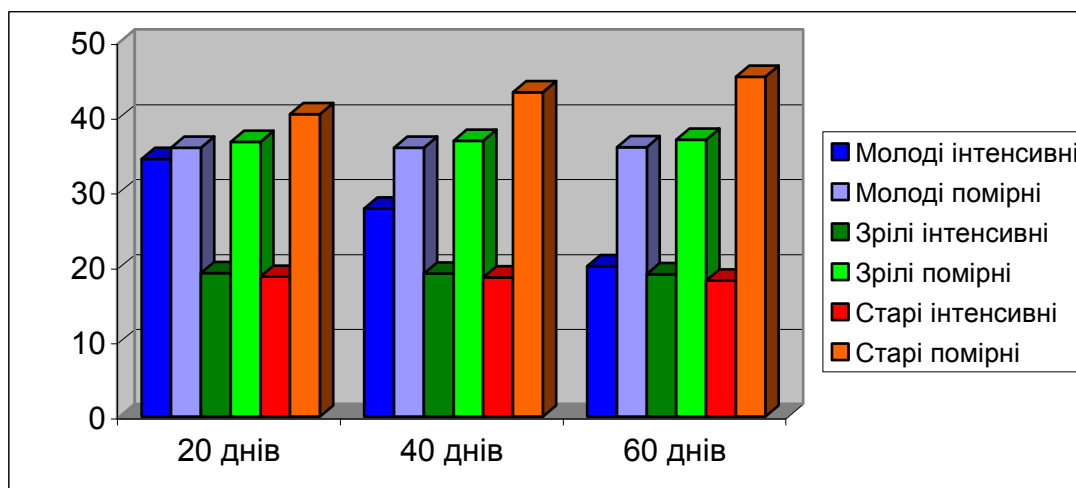


Рис. 7.23. Відсоткове співвідношення міді у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Даний показник у тварин зрілого та старечого віку, при помірних фізичні навантаження, збільшується в середньому на 17,06 % та 13,46 % (рис. 7.22 та табл. додатків Б.4, В.4).



В той час як у кістках тварин, що отримували інтенсивні фізичні навантаження, вміст міді протягом експерименту в середньому зменшується на 32,32 % та 30,75% у порівнянні з контролем.

У плечових кістках тварин усіх вікових груп, які отримували помірні фізичні навантаження спостерігали зростання вмісту цинку в середньому на 11,85 %; 5,95 %; 11,21 %. Тоді як при інтенсивних фізичних навантаженнях спостерігається максимальне зменшення цинку - на 43,98 %; 51,57 %; 51,30 % (рис. 7.23 та табл. додатків А.4, Б.4, В.4).

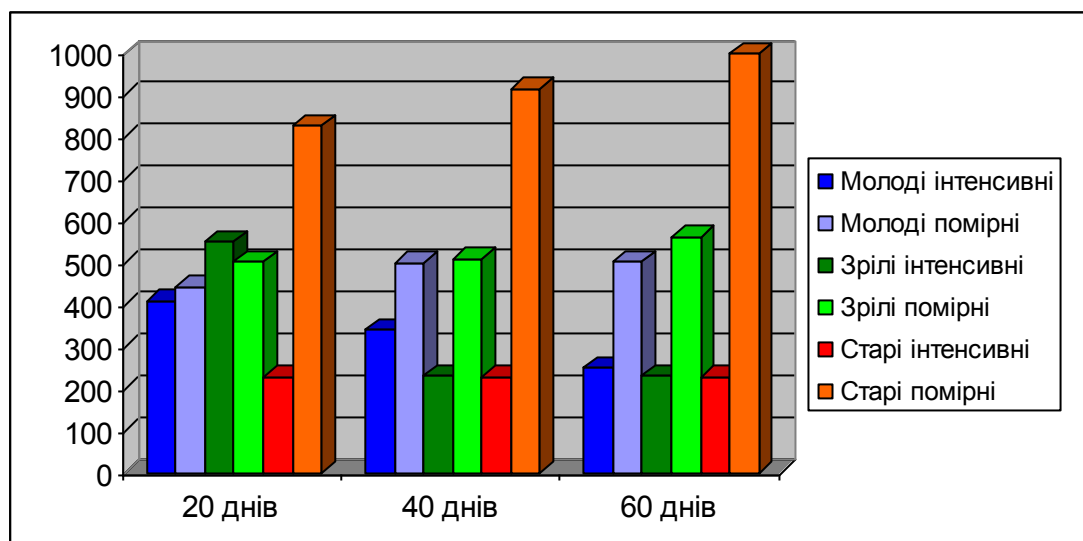


Рис. 7.23. Відсоткове співвідношення цинку у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Загальна кількість заліза у плечовій кістці молодих тварин, при помірних навантаженнях протягом 60-ти днів, збільшується в середньому на 6,14 %, у зрілих на 10,73 % та у старечих тварин на 5,83 %, у порівнянні з контролем.

У тварин цих же вікових груп, які тренувались інтенсивними фізичними навантаженнями вміст заліза протягом 60-ти днів експерименту значно зменшився в середньому на – 22,06 %; 42,59 %; 37,14% (рис. 7.24 та табл. додатків А.4, Б.4, В.4).

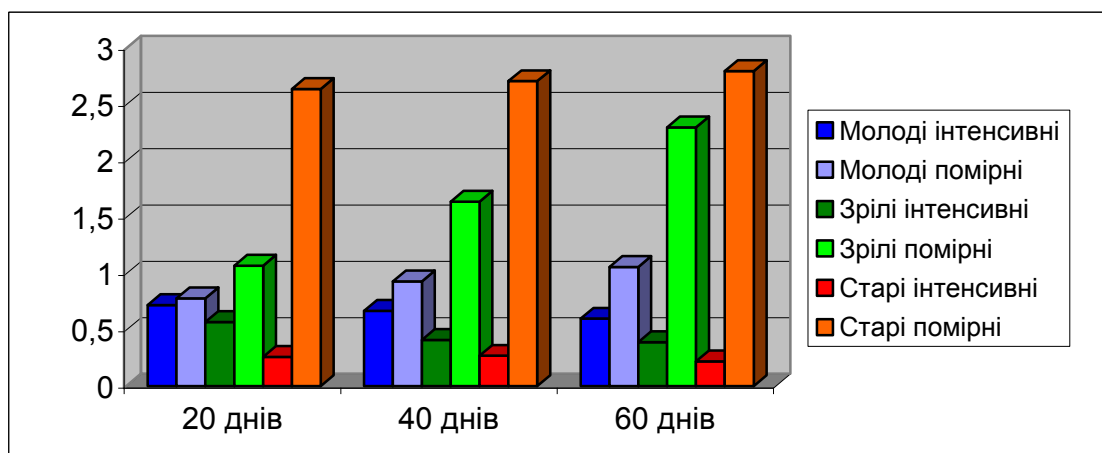


Рис. 7.24. Відсоткове співвідношення заліза у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Кількість свинцю у тварин молодого віку після тренувань помірними фізичними навантаженнями протягом двох місяців експерименту в середньому зменшується на 8,04 %.

У тварин цієї ж вікової групи, інтенсивні фізичні навантаження призводять до зменшення загального вмісту свинцю на 23,88 %.

У кістках тварин зрілого і старечого віку після помірних фізичних навантажень вміст свинцю збільшується, в той час як у тварин цієї ж вікової групи, які отримували інтенсивні фізичні навантаження, вміст свинцю значно зменшується. (рис. 7.25 та табл. додатків Б.4, В.4).

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.

Провівши експеримент та дослідивши морфо-функціональні зміни, що відбувалися у кістках тварин різного вікового періоду за різних режимів рухової активності, ми виявили тенденцію, що була спільною для усіх груп

тварин, при різних режимах динамічних навантажень та прослідковувалася по всіх пунктах нашої дослідної програми.

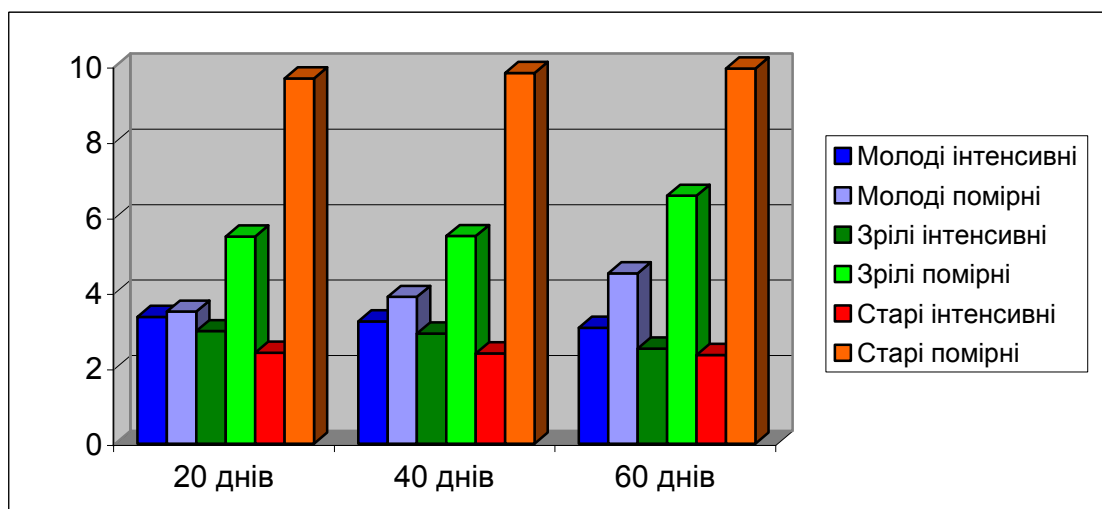


Рис. 7.25. Відсоткове співвідношення свинцю у плечовій кістці тварин при інтенсивних та помірних фізичних навантаженнях.

Адаптивне структурне ремоделювання кісткової тканини було однотипним і залежало від типу фактора навантаження, а його розмах – від тривалості впливу даного фактора.

Інтенсивні фізичні навантаження викликають сповільнення росту та остеокластичну резорбцію плечових кісток і їх структурних елементів у тварин молодого та зрілого віку.

У тварин з вираженими старечими змінами спостерігаються значні деструктивні зрушення в усіх відділах плечових кісток. Морфометричні методи дослідження дозволяють стверджувати про максимальні руйнівні зміни кісток у групі старих тварин і мінімальні - у тварин зрілого віку.

В свою чергу помірні фізичні навантаження є фактором стримування інволютивних змін у плечових кістках. В групі молодих тварин спостерігаються сповільнення процесів звуження ширини росткової пластинки та збільшення активності остеобластів, що опосередковано проявлялося збільшенням розмірів кісток та їх структури в експериментальних тварин.

В групі тварин з вираженими старечими змінами 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.

Експериментально підтверджена можливість прогнозування тренувальних вправ та цілеспрямованого використання дозованих фізичних навантажень з метою корекції структурних змін скелета залежно від віку.

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 міроприємств, спрямованих на корекцію морфофункціональних 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.

Глибоке вивчення процесів перебудови кісткової тканини, її будови, хімічного складу, адаптаційних можливостей є необхідною умовою виявлення закономірностей впливу праці, спорту та ряду професій, що виникають у зв'язку з науково-технічним прогресом, на організм.

Моделювання різних режимів рухової активності не в повній мірі відповідає тренувальним процесам людини у фізичній культурі та спорті. Однак результати, отримані при даному експериментальному дослідженні, мають відношення до розкриття загальнобіологічних закономірностей, основаних на індивідуальних і генетично обумовлених особливостях індивідуумів, знання котрих послужить морфологічним обґрунтуванням тренувального процесу і прогнозуванню структурних перетворень в скелеті при різних режимах рухової активності, запобіганню травм та розвитку остеопорозу.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, яке полягає у визначенні морфофункціональних особливостей стану довгих кісток скелету лабораторних щурів різних вікових груп (на основі дослідження плечової кістки) залежно від ступеня інтенсивності тренування тварин динамічними фізичними навантаженнями.

1. Регулярні тренування помірними динамічними навантаженнями викликають зміни швидкості метаболічних процесів у плечових кістках молодих тварин, що проявляється підвищенням рівня гідратації кісткової тканини на 9,09 % та її мінералізації на 17,49 %. Максимальні структурні зрушення виявляються у збільшенні розмірів середини діяфіза на 7,52 % та зростанні площі діяфіза на 8,21 %.

2. Інтенсивні динамічні навантаження є причиною негативних ремоделюючих процесів у кістках молодих тварин і проявляються зниженням мінеральної насиченості кісткової тканини на 22,86 %, зменшенням кількості остеобластів на 25,48 %, звуженням епіфізарного хряща на 13,65 % та розмірів середини діяфіза на 16,99 %.

3. В умовах впливу помірних динамічних навантажень покращується гемоциркуляція плечових кісток зрілих тварин, що веде до збільшення об'єму загальної спонгіозної пористості на 49,16 %, розширення діаметру остеонів на 6,08 %, площі діяфіза – на 10,28 %; підвищення мінеральної насиченості кісток на 21,01 %.

4. Пошкодження структурних складових плечових кісток зрілих тварин за умов дії інтенсивних динамічних навантажень виявляється зменшенням кількості остеосинтезуючих клітин на 10,81 %, активацією деструктивних процесів з формуванням чисельних порожнин резорбції, розширенням кістково-мозкового каналу на 39,14 %, компенсаторним збільшенням ширини оточуючих пластинок на 18,37- 29,00 % та демінералізацією на 32,43 %.

5. В групі тварин старечого віку тренування помірними динамічними навантаженнями ведуть до збільшення кількості остеобластів на 12,25 %,

об'єму первинної спонгіози - на 14,40 %, загальної кількості мінеральних речовин - на 19,47 %.

6. Тяжкі структурні ушкодження епіфізарного хряща, остеопоротичні зміни губчастої та компактної речовини діафіза, втрата кількості остеобластів на 12,25 %, розширення площі кістково-мозкової порожнини на 48,67 % є наслідком впливу на плечову кістку двомісячних інтенсивних динамічних тренувань у групі щурів старечого віку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. с. 1393395 СССР. Устройство для моделирования статических нагрузок в мелких лабораторных животных / Я. И. Федонюк, И. Н. Глицкий, Я. Т. Велещук. – № 104571/21 ; заявл. 30.08.82 ; опубл. 23.11.83, Бюл. № 12.
2. А. с. 818573 СССР, МКНЛ 01 К 29/00. Устройство для создания физической динамической нагрузки на животных / Ю. И. Ласий (СССР). – Опубл. 7.04.81, Бюл. № 10.
3. А. с. 818573 СССР. Устройство для моделирования динамических нагрузок в мелких лабораторных животных / Ю. Г. Ласий, Я. И. Федонюк. – № 648210/21 ; заявл. 21.04.81 ; опубл. 14.05.82, Бюл. № 6.
4. Аврунин А. С. Адаптационные механизмы костной ткани и регуляторно – метаболический профиль организма / А. С. Аврунин, Н. В. Корнилов, И. Д. Йоффе // Морфология. – 2001. – № 6. – С. 7–12.
5. Аврунин А. С. Позиционные регуляторы костной ткани – основа ауторегуляторного механизма развития и воспроизведения остеопороза / А. С. Аврунин, Н. В. Корнилов, А. В. Суханов // Морфология. – 1998. – № 4. – С. 7–12.
6. Автандилов Г. Г. Введение в количественную патологическую морфологию / Г. Г. Автандилов. – М. : Медицина, 1990. – 216 с.
7. Агаджанян Н. А. Интегративная медицина / Н. А. Агаджанян // Вестник новых медицинских технологий. – 1997. – Т. 4, № 1. – С. 43.
8. Адаптационно-реадаптационные изменения в костях скелета при различных режимах двигательной активности при нормотоническом типе вегетативной нервной системы / Е. Довгань, Я. Федонюк, Н. Давыбида // Сборник научных материалов 1-го Международного конгресса. – Ереван, 1998. – С. 54–55.
9. 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-а міжнар. комп'ют. конф. : тези доп. – Тернопіль, 1994. – С. 31.

10. Адаптаційні та реадaptaційні морфофункціональні зміни в кістках скелета під дією динамічних фізичних навантажень / О. М. Довгань, Я. І. Федонюк, В. В. Борковський // Актуальні проблеми фізичного виховання у вузі : наук.-практ. конф. : тези доп. – Донецьк, 1998. – С. 54–55.

11. Аеробика. Теория и методика проведения занятий : учеб. пособ. для студентов вузов физич. культуры; под ред. Е. Б. Мякинченко, М. П. Шестакова. – Москва : СпортАкадемПресс, 2002. – 304 с.

12. Ажипа Я. И. Трофическая функция нервной системы / Я. И. Ажипа. – М., 1990. – 185 с.

13. Аксенова Н. Повышение уровня двигательной активности и дозировка физической загрузки на физкультурных занятиях / Н. Аксенова // Дошкольное воспитание. – 2000. – № 6. – С. 37–48.

14. Аникин Ю. М. Построение и свойства костных структур / Ю. М. Аникин, Л. Л. Колесников. – М. : ммСИ, 1992. – 180 с.

15. Антипкин Ю. Г. Особенности нарушения кальций-фосфорного гомеостаза, костной системы, их коррекция в ante- и постнатальном периодах развития ребенка / Ю. Г. Антипкин // Педиатрия. 1999. – № 1. – С. 31-34.

16. Апанасенко Г. Л. Валеологические принципы физического воспитания / Г. Л. Апанасенко // Концепція розвитку галузі фізичного виховання і спорту в Україні : зб. наук. праць. – Рівне: «Принт Хауз», 2001. – Вип. 2. – С. 106–107.

17. Апанасенко Г. Л. Діагностика індивідуального здоров'я / Г. Л. Апанасенко // Валеологія. – 2002. – № 3. – С. 27–31.

18. Апанасенко Г. Л. Експрес-скринінг рівня соматичного здоров'я дітей та підлітків : метод. рекомендації / Г. Л. Апанасенко, Л. Н. Волгіна, Ю. В. Бушуєв. – К., 2002. – 12 с.

19. Апанасенко Г. Л. Здоровье спортсмена: критерии оценки и прогнозирования / Г. Л. Апанасенко, Ю. С. Чистяков // Теория и практика



физической культуры. – 2006. – № 1. – С. 19–22.

20. Аркаев Л.Я. Как подготовить чемпионов / Л.Я.Аркаев, Н.Г.Сучилин. – М.: Физкультура и спорт. 2004. – 328 с.

21. Атясов Н. И. Вливания в венозное русло костей : обзор / Н. И. Атясов // Вестник хирургии. – 1991. – Т. 146, № 3. – С. 134–137.

22. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / Аулик И. В. – [ 2-е изд., перераб. и дополн.] – М. : Медицина, 1990. – 192 с.

23. Бабінець Л. С. Денситометричний аналіз стану кісткової тканини у хворих на хронічний панкреатит / Л. С. Бабінець // Архів клінічної медицини. – 2004. – № 2. – С. 33–35.

24. Баевский Р. М. Валеология и проблемы самоконтроля здоровья в экологии человека / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, Л. А. Максимов. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 1996. – 550 с.

25. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма : история и философия, теория и практика / Р. М. Баевский // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – № 1. – С. 54–64.

26. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. Н. Берсенева. – М. : Медицина, 1997. – 235 с.

27. Безпалова Н. М. Залежність антропометричних показників у юнаків та дівчат з переважанням парасимпатичної нервової системи після 4-х місяців занять фізичними вправами / Н. М. Безпалова, Н. О. Давибіда, Я. І. Федонюк // Вісник наукових досліджень. – 2004. – № 1. – С. 32–33.

28. Бенгус Л. М. Морфология губчастой и компактной костной ткани при нарушении метаболизма кальция и направленной остеотропной терапии / Л. М. Бенгус // Таврический медико-биологический вестник / Биология двигательного аппарата : матер. симпоз. – 2004. – Т. 7, № 4. – С. 137–139.

29. Беневальская Л. И. Генетика остеопороза : изучение роли некоторых генов в возникновении и развитии остеопороза / Л. И. Беневальская, С. А.

Финогенова // Остеопороз и остеопатии. – 1999. – № 4. – С. 26–30.

30. Білик В. Педагогічні аспекти фізичного виховання підлітків у формуванні ставлення до здорового способу життя / В. Білик, С. Ігнатенко, К. Палієнко // Вісник державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія : Педагогічні науки. – 2006. – № 35. – С. 528.

31. Богдановська Н. В. Особливості формування адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму в онтогенезі при систематичних заняттях спортом / Н. В. Богдановська, М. В. Маліков // Фізіологічний журнал. – 2006. – Т. 52, № 2. – 199 с.

32. Богоявленский И. Ф. Патологическая функциональная перестройка костей скелета / И. Ф. Богоявленский. – Л. : Медицина, 1976. – 288 с.

33. Боймиструк І. І. Особливості функціональної морфології судин довгих трубчастих кісток в залежності від вегетативного гомеостазу / І. І. Боймиструк, Р. М. Гнатюк, В. Д. Гаргула // Актуальні питання морфології : зб. наук. праць наук. конф. – Тернопіль, 1996. – С. 94–95.

34. Боймиструк І. Вивчення впливу динамічних фізичних навантажень на будову довгих трубчастих кісток залежно від типу вегетативної нервової системи / І. Боймиструк, Т. Романець, М. Куруц // V міжнар. мед. конгр. студентів та молодих учених : тези доп. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2001. – С. 190.

35. Боймиструк І. І. Вплив помірних динамічних фізичних навантажень на ріст та формоутворення довгих кісток в залежності від вихідного вегетативного гомеостазу / І. І. Боймиструк, Я. І. Федонюк // Український медичний альманах. – 2002. – № 2. – С. 146–148.

36. 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.

37. Боймиструк І. І. Морфометричні зміни епіфізарних хрящів довгих кісток під впливом статичних навантажень залежно від вихідного вегетативного гомеостазу / І. І. Боймиструк, Я. І. Федонюк // Актуальні

питання морфології : наук. праці III націон. конгр. АГЕТ України. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2002. – С. 31–32.

38. Боймиструк І. І. Морфофункціональні зміни в довгих кістках скелета щурів – симпатотоніків при дії фізичних навантажень динамічного характеру / І. І. Боймиструк, Я. І. Федонюк // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2003. – № 1. – С. 116–120.

39. Боймиструк І. Ультрамiкроскопiчні зміни епiфізарного хряща тварин з рiзним вихiдним вегетативним статусом при статичних навантаженнях / І. Боймиструк // Гiстологiя на сучасному етапi розвитку науки : наук. практ. конф. : тези доп. – Тернопiль, 2004. – С. 9–10.

40. 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.

41. Борковський В. В. Ріст і формоутворення кісток скелета при фізичних навантаженнях після гіпокінезії / В. В. Борковський // Вестник проблем биологии и медицины. – 1997. – № 10. – С. 50 – 55.

42. Бородин Ю. А. Изменение некоторых антропометрических показателей курсантов ВУЗ инженерного профиля в процессе обучения / Ю. А. Бородин, Е. В. Криворученко, Н. П. Спичак. // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. труд. ; ред. С. С. Ермаков. – Х. : ХГАДИ (ХХПИ), 2004. – С. 46–53.

43. Бородин Ю. А. Способы оптимизации учебного процесса по физической подготовке курсантов военно-учебных заведений / Ю. А. Бородин // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання та спорту : зб. наук. праць ; ред. С. С. Єрмаков. – Харків : ХДАДИ (ХХПІ), 2002. – № 28. – С. 40–47.

44. Бруско А. Т. Морфологическая оценка и прогнозирование приспособительных изменений в костях / А. Т. Бруско // Новые приложения

морфометрии и математическое моделирование в медико-биологических исследованиях : научн.-практ. конф. : тез. докл. – Харьков, 1991. – С. 11.

45. Бруско А. Т. Условия возникновения и механизмы функциональной перестройки кости / А. Т. Бруско // Адаптационно-компенсаторные и восстановительные процессы в тканях опорно-двигательного аппарата. – Киев, 1990. – С. 41–42.

46. Булатова М. М. Европейский опыт : уроки и ориентиры / М. М. Булатова // Спортивная медицина. – 2007. – № 1. – С. 3.

47. Булич Э. Г. Здоровье человека / Э. Г. Булич, И. В. Муравов. – К. : Олимпийская литература, 2003. – 424 с.

48. Булич Э. Г. Современные достижения науки о здоровье / Э. Г. Булич // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 1. – С. 62–63.

49. Венедиктова В. Н. Механо-химическая модель влияния гравитационных сил на ремоделирование компактной костной ткани / В. Н. Венедиктова // Материалы 21 Гагаринских научных чтений по авиации и космонавтике. Секция Проблемы авиакосмической медицины и психологии / Ин-т психологии АН СССР. – М., 1991. – С. 5–7.

50. Влияние гипокинезии и физических нагрузок на химический состав костей скелета / Е. Довгань, К. Давыбида, Я. Федонюк // 1 межд. конгр. : сб. науч. матер. – Ереван, 1998. – С. 53–54.

51. Возрастные аспекты адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата в различных условиях функционирования / Я. Р. Синельников, Н. Н. Сак, В. И. Безъязычный // XI съезд анатомов, гистологов и эмбриологов : сб. матер. съезда. – Полтава, 1992. – С. 219.

52. Волинець В. Я. Вплив фізичних навантажень загально-фізичного напрямку на зміни показників життєвої ємності легень та динамометрії студенток медичної академії з різним типом вегетативної нервової системи / В. Я. Волинець, Я. І. Федонюк, Н. О. Давибіда // Вісник морфології. – 2003. – № 2. – С. 42–44.

53. Волошин В. Н. Рост костей скелета крыс неполовозрелого возраста

при интоксикации табачным дымом / В. Н. Волошин // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2000. – № 2. – С. 16–18.

54. Воробйов М. І. Практика в системі фізкультурної освіти / М. І. Воробйов, Т. Ю. Круцевич. – К. : Олімпійська література, 2006. – 190 с.

55. Генетико-экологические аспекты остеогенеза / Б. И. Коган, Л. В. Вещикова, Н. А. Каминская // XI съезд анатомов, гистологов и эмбриологов : сб. матер. съезда. – Полтава, 1992. – С. 113.

56. Гистоморфологический анализ костей крыс, экспонированных на биоспутнике “Космос” / Г. Н. Дурнова, А. С. Капланский, Е. И. Ильина-Кукуева // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1990. – Т. 24, № 5. – С. 42–45.

57. Головач І. Ю. Метаболічні хвороби кісток / І. Ю. Головач // Лікування та діагностика. – 2005. – № 1. – С. 30–42.

58. Горянков Д. П. К вопросу о возрастных изменениях костной ткани / Д. П. Горянков // Актуальные вопросы судебной медицины и экспертной практики : сб. науч. труд. – Барнаул : ТУИМА, 1990. – С. 16.

59. Григоровский В. В. Показатели состояния губчатой костной ткани детей с врождёнными заболеваниями опорно-двигательной системы из различных регионов Украины (по данным гистоморфометрии спонгиозы) / В. В. Григоровский, А. П. Крысь-Пугач, Ю. Н. Тук // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1999. – № 1. – С. 9–12.

60. Григорьев А. И. Минеральный обмен у человека в условиях измененной гравитации / А. И. Григорьев, А. И. Воложин, Г. П. Ступаков. – М. : Наука, 1994. – 214 с.

61. Давыбида Н. О. Возрастные изменения в длинных костях крыс при воздействии на них физических динамических нагрузок / Н. О. Давыбида, Я. И. Федонюк, В. Д. Волошин // Морфология. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 2004. – Т. 126, № 4. – С. 40.

62. Давибіда Н. О. Закономірності росту, формоутворення та зміни, які відбуваються у плечовій кістці тварин різних вікових груп під час дії на орга-

нізм динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності / Н. О. Давибіда // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. праць Волинського національного університету ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2008. – Т. 3. – С. 44–48.

63. Давибіда Н. О. Вікові зміни ростових показників у інтактних щурів молодого віку / Н. О. Давибіда // Вісник морфології. – 2006. – № 12 (2). – С. 140–141.

64. Давибіда Н. О. Морфометрична характеристика плечових кісток щурів різних вікових груп в умовах дії на організм динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності / Н. О. Давибіда // Таврический медико-биологический вестник. – 2008. – Т. 11, № 3. – С. 34–37.

65. Давибіда Н. О. Морфофункціональні зміни стегнової кістки щурів при фізичному навантаженні динамічного характеру у віковому аспекті / Н. О. Давибіда, В. Д. Волошин, Я. І. Федонюк // Вісник наукових досліджень. – 2004. – № 1. – С. 93–94.

66. Давибіда Н. О. Морфометрична характеристика плечових кісток в умовах дії на організм динамічних фізичних навантажень різної інтенсивності у щурів різних вікових груп / Н.О. Давибіда // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. – 2008. – № 2 (36). – С. 56 – 59.

67. Дедух Н В. Экспериментально-теоретические аспекты регенерации кости / Н. В. Дедух // Актуальні питання сучасної ортопедії та ревматології : Всеукраїнська наук.-практ. конф. з міжн. участю : тези доп. – Київ, 2004. – С. 258–263.

68. Дедух Н. В. Ремоделирование костной ткани с возрастом и при остеопорозе / Н. В. Дедух // Актуальные вопросы ревматологии. – 1997. – № 10. – С. 31–36.

69. Дедух Н. В. Роль простагландинов в процессах развития и роста хрящевой ткани / Н. В. Дедух, Л. М. Бенгус, Н. В. Котульский // Успехи современности. – 1995. – № 4. – С. 501–509.

70. Дедух Н. В. Содержание минералов в кости и минеральная плотность ткани у детей и подростков / Н. В. Дедух, К. С. Шевченко, Т. А. Ермак // Проблемы остеологии. – 1998. – Т. 1, № 2–3. – С. 19–21.
71. Денисов-Никольский Ю. И. Механизмы регуляции процесса ремоделирования и репаративный остеогенез / Ю. И. Денисов-Никольский // Биомедицинские технологии. – 1996. – Вып. 5. – С. 5–9.
72. Денисов-Никольский Ю. И. Морфофункциональная характеристика эндоста в связи с проблемой ремоделирования кости / Ю. И. Денисов-Никольский, А. А. Докторов, Пак Гван Чор // Архив патологии. – 1998. – № 5. – С. 19–23.
73. Денисов-Никольский Ю. И. Современные аспекты функциональной морфологии кости в связи с проблемой биопротезирования / Ю. И. Денисов-Никольский // Биомедицинские технологии. – 1996. – Вып. 5. – С. 11–15
74. Денисов-Никольский Ю. И. Пространственная организация лакунарно-канальцевой системы в структурах пластинчатой кости / Ю. И. Денисов-Никольский, А. А. Докторов // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1987. – № 8. – С. 37–43.
75. Державна програма розвитку фізичної культури і спорту в Україні на 20007–2011 роки. – К. : ДКУФКС, 2006. – 64 с.
76. Державні тести і нормативи оцінки фізичної підготовленості населення України // Постанова Кабінету Міністрів України від 15 січня 1996 р., № 80. – К., 1996. – С. 11–16.
77. Дедух Н. В. Морфологические особенности регенерации кости на воспалительно-пролиферативной стадии процесса при алиментарном дефиците кальция / Н. В. Дедух, О. А. Никольченко, Е. Ю. Валенчук // Таврический медико-биологический вестник. – 2004. – Т. 7, № 4. – С. 153–155.
78. Дедух Н. В. Морфологічні аспекти та медикаментозна терапія остеопорозу / Н. В. Дедух, Л. Д. Горидова, К. К. Романенко // Клінічна фармація. – 1999. – Т. 3, № 1. – С. 57–62.
79. Дедух Н. В. Особенности структурной организации суставного

хряща человека / Н. В. Дедух // 1 Міжнар. конгр. з інтегр. антропол. : зб. робіт. – Тернопіль, 1995. – С. 132–133.

80. Динамика изменений макро- и микроэлементов в костной ткани при физических нагрузках, гипокинезии и их сочетании / Е. М. Довгань, Я. И. Федонюк, Я. Т. Велещук // Актуальные вопросы фундаментальной и прикладной медицинской морфологии : сб. науч. труд. – Смоленск, 1994. – С. 47–48.

81. Довгань Е. М. Влияние физических нагрузок, гипокинезии и реадaptации на рост и формoобразование длинных трубчатых костей / Е. М. Довгань // Вісник наукових досліджень. – 1995. – № 2. – С. 30–32.

82. Довгань Е. М. Физические нагрузки – фактор, коррегирующий строение эпифизарного и суставного хрящей длинных трубчатых костей при ограничении двигательной активности / Е. М. Довгань, Я. И. Федонюк, В. В. Борковский // Проблемы экологии в медицине : международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения проф. Н.В. Поповой-Латкиной : материалы конф. – Астрахань, 1996. – С. 61.

83. Довгань О. М. Влияние разных сроков гипокенезии на рост и строение костей скелета и их реадaptацию / Е. М. Довгань, Я. И. Федонюк, Е. А. Ясинский // Российские морфологические ведомости. – 2000. – № 1. – 2. – С. 190–191.

84. Драчук С.П. Аеробна та анаеробна продуктивність організму юнаків 17 – 19 років при застосуванні різних режимів фізичних навантажень: автореф. дис. На здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.13 / С.П. Драчук, – К., 2006. – 20с.

85. Докторов А. А. Морфофункциональные корреляции структуры костных клеток и подлежащего матрикса в развивающейся кости / А. А. Докторов, Ю. И. Денисов-Никольский // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1991. – № 1. – С. 68–74.

86. Докторов А. А. Роль эндоста и периоста в структурной адаптации кости к механическим нагрузкам / А. А. Докторов, Пак Гван Чор //



Биомедицинские технологии. – 1998. – Вып. 9. – С. 4–10.

87. Докторов А. А. Структурная организация костного материала / А. А. Докторов, Ю. И. Денисов-Никольский, Б. А. Жилкин // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1996. – № 12. – С. 687.

88. Докторов А. А. Особенности рельефа минерализованной поверхности лакун и канальцев в пластинчатой кости / А. А. Докторов, Ю. И. Денисов-Никольский // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1993. – Т. 115, № 1. – С. 61–65.

89. Драчук С. П. Аеробна та анаеробна продуктивність організму юнаків 17–19 років при застосуванні різних режимів фізичних навантажень : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.13. / С. П. Драчук. – К., 2006. – 20 с.

90. Дудка В. Б. Структурная организация субхондральной костной ткани голени собаки / В. Б. Дудка // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1994. – № 4. – С. 93–94.

91. Ермакова И. И. Современные биохимические маркеры в диагностике остеопороза / И. И. Ермакова, И. А. Пронченко // Остеопороз и остеопатии. 1998. – № 1. – С. 24–26.

92. Жарков П. Л. Остеопороз. Актуальные вопросы на современном этапе изучения / П. Л. Жарков // Вестник рентгенологии и радиологии. – 1998. – № 1. – С. 44–46.

93. Житников А. Я. Контроль роста метаэпифизарных хрящей в скелете конечностей / А. Я. Житников // 1 Міжн. конгр. з інтегр. антропології : зб. тез. – Тернопіль, 1995. – С. 155–156.

94. Жулкевич І. В. Реконструкція кісткової тканини : погляд гематолога / І. В. Жулкевич // Вісник наукових досліджень. – 1995. – № 1. – С. 12–16.

95. Журавлева А. И. Спортивная медицина и лечебная физкультура : руководство [для врач. ] / А. И. Журавлева, Н. Д. Граевская. – М. : Медицина, 1993. – 380 с.

96. Западнюк И. П. Лабораторные животные / И. П. Западнюк – К. :

Вища школа, 1992. – 34 с.

97. Ильин Е. Н. Психология физического воспитания и спорта / Е. Н. Ильин. – М. : Академия, 2000. – 250 с.

98. Иммунологические механизмы регуляции обмена кальция в костной ткани человека : продукция антиорто статической гипокинезии / И. В. Константинова, А. Т. Месняк, Н. В. Божиков / Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1989. – Т. 23, № 3. – С. 38–42.

99. Индивидуализация адаптационных свойств скелетных мышц при различных состояниях двигательной активности: зб. науч. работ материалов XI съезда анатомов, гистологов и эмбриологов / науч. ред. М.И. Волкова. – Полтава, 1992. – С. 49.

100. Каваре В. І. Морфометрія епіфізарного хряща довгих кісток тварин в умовах екологічного забруднення / В. І. Каваре, М. Х. Абакаров, В. І. Лузін // Таврический медико-биологический вестник. – 2004. – Т. 7, № 4. – С. 171–172.

101. Казин Э. М. Основы индивидуального здоровья человека. Введение в общую и прикладную валеологию / Э. М. Казин, Н. Г. Блинова, А. М. Подгорный. – М. : ВЛАДОС, 2000. – 192 с.

102. Калениченко І. О. Гігієнічна оцінка обсягу і форм рухової активності підлітків 14–17 років / І. О. Калениченко, М. Ю. Антомонов // Гігієна населених місць. – 2005. – № 5. – С. 364–369.

103. 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.

104. Касавина Б. С. Жизнь костной ткани / Б. С. Касавина, В. П. Торбенко. – М. : Наука, 1979. – 176 с.

105. Касавина Б. С. Минеральные ресурсы организма / Б. С. Касавина, В. П. Торбенко. – М. : Наука, 1975. – 198 с.

106. 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.

107. Ковалёв Д. И. Регуляция обмена кальция в организме / Д. И. Ковалёв // Проблемы эндокринологии. – 1991. – Т. 37, № 6. – С. 61–66.

108. Коваленко С. О. Індивідуальні особливості хвильової структури серцевого ритму при дозованому фізичному навантаженні / С. О. Коваленко // Спортивна медицина. – 2006. – № 1. – С. 3–9.

109. Ковешников В. Г. Зональное строение эпифизарного хряща / В. Г. Ковешников // Антропогенетика, антропология, спорт. – Винница, 1980. – Т. 2. – С. 251–252.

110. Ковешников В. Г. Костные ткани / В. Г. Ковешников. – Луганск, 2002. – 134 с.

111. Ковешников В. Г. Скелетные ткани : хрящевая ткань, костная ткань / В. Г. Ковешников, М. Х. Абакаром, В. И. Лузин. – Луганск : Изд-во Луганский медуниверситет. – 2000. – 154 с.

112. Ковешников В. Г. Алгоритм остеометрического исследования / В. Г. Ковешников, В. В. Маврич, С. А. Кащенко // Буковинський медичний вісник. – 2003. – Т. 7, № 3. – С. 180–186.

113. Коган Б. Й. Строение скелета экс-спортсменов / Б. Й. Коган // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 1. – С. 35–38.

114. Козлова Л. В. Состояние вегетативной нервной системы в раннем постнатальном периоде у детей, перенесших внутриутробную гипоксию / Л. В. Козлова, О. А. Короид // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2000. – № 6. – С. 56–57.

115. Комков А. Г. Формирование физической активности детей и подростков как социально-педагогическая проблема / А. Г. Комков, Е. В. Антипова // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 3. – С. 5–8.

116. Компанієць Ю. А. Духовна та фізична культура людини : [монографія] : М-во внутрішніх справ України ; Луган. держ. ун-т внутр. справ / Ю. А. Компанієць. – Луганськ : РВВ ЛДУВС, 2007. – 256 с.

117. Корж А. А. Диагностика и консервативное лечение заболеваний и

повреждений опорно-двигательной системы. [Кн. 2 : Остеопороз] / А. А. Корж, Н. В. Дедух, С. Д. Шевченко – Х. : Основа, 1997. – 88 с.

118. Корж Н. А. Нарушение регенерации костной ткани при переломах длинных костей (оценка факторов риска) / Н. А. Корж, Л. Д. Горидова, К. К. Романенко // Проблемы остеологии. – 1999. – Т. 2, № 1. – С. 87.

119. Корнилов Н. И. Адаптационные процессы в органах скелета / Н. И. Корнилов, В. Г. Ковешников. – 2000. – СПб : МОРСАР АВ. – 269 с.

120. Космерин С. Б. Морфология костной и хрящевой ткани в условиях действия эстрогенов / С. Б. Космерин, Н. А. Ашукина, Ю. В. Горячая // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1994. – № 4. – С. 93.

121. Круцевич Т. Ю. Теория и методика физического воспитания. Т. 1. / Т. Ю. Круцевич. – К. : Олимпийская литература, 2003. – 423 с.

122. Лаврищева Г. И. Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации опорных органов и тканей / Г. И. Лаврищева, Г. А. Оноприенко. – М. : Медицина, 1996. – 208 с.

123. Лапач С. М. Статистичні методи в медико-біологічних дослідженнях із застосуванням Excel / С. М. Лапач, А. В. Чубенко, П. М. Бабіч. – К. : Маріон, 2000. – 320 с.

124. Леко Б. А. Фізичне виховання : авторська програма для вищих закладів освіти / Б. А. Леко, М. В. Мандрик. – Чернівці : ЧНУ, 2003. – 91 с.

125. Линець М. М. Основні методики розвитку рухової якості : навч. посіб. [для студ. фізкульт. вузів] / М. М. Линець. – Л. : Штабар, 1997. – 100 с.

126. Лобода Н. Б. Морфология костной ткани под влиянием кальцитонина и паратгормона / Н. Б. Лобода // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1994. – № 4. – С. 92.

127. Лобода О. Ю. Влияние общего обезвоживания организма на изменения в почках крыс – нормотоников разных возрастных групп / О. Ю. Лобода, И. И. Боймиструк // IV Междунар. конгресса по интеграт. антропологии ; под ред. Л. А. Алексиной : материалы конгр. – СПб. : СПбГМУ, 2002. – С. 208.

128. Лоза Т. О. Рухова активність як невід'ємний компонент здорового способу життя / Т. О. Лоза // Формування здоров'я дітей, підлітків та молоді в умовах навчально-виховного закладу : Всеукр. наук.-практ. конф. : матеріали конф. – Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2006. – С. 210–212.

129. Лузін В. І. Особливості мікроелементного складу кісток білих щурів різного віку, що зазнавали впливу об'ємно-комбінаційних імпульсних електромагнітних полів / В. І. Лузін // Галицький лікарський вісник. – 2000. – Т. 7, Ч. 4. – С. 105–106.

130. Луньков А. Е. Метод определения состава костной ткани / А. Е. Луньков, Т. Н. Абросимов // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1991. – № 2. – С. 88–91.

131. Лянной Ю. О. Шляхи співпраці фахівців галузі охорони здоров'я, валеології, фізичної культури і спорту у підготовці майбутніх фахівців з фізичної реабілітації / Ю. О. Лянной // Педагогіка, психологія та мед.-біол. пробл. фіз. виховання та спорту. – 2006. – № 4. – С. 99–102.

132. Маврич В. В. Влияние низкоэнергетического лазерного излучения на биомеханические характеристики, рост и минеральный состав длинных трубчатых костей скелета белых крыс / В. В. Маврич // Український медичний альманах. – 1998. – № 1. – С. 55–56.

133. Маврич В. В. Особенности роста, химического состава и биомеханических характеристик длинных трубчатых костей скелета белых крыс под влиянием однократного рентгеновского облучения / В. В. Маврич // Український медичний альманах. – 1998. – № 3. – С. 7–9.

134. Маврич В. В. Рост, химический состав и прочностные свойства длинных трубчатых костей белых крыс под влиянием низкоэнергетического лазерного излучения / В. В. Маврич, В. И. Лузин // Морфология. – 2000. – № 1. – С. 59–66.

135. Мажуга П. М. Особенности дифференцировки клеток в хондрогенезе и остеогенезе / П. М. Мажуга // Цитология и генетика. – 1994. – Т. 28, № 1. – С. 9.

136. Матвейчук И. В. Биомеханические подходы к изучению морфофункциональных особенностей кости с целью создания ее синтетического аналога / И. В. Матвейчук // Биомедицинские технологии. – 1996. – Вып. 5. – С. 15–22.

137. Матвейчук И. В. Особенности построения костей как элементов биомеханической системы / И. В. Матвейчук, Ю. И. Денисов-Никольский, Н. А. Слесаренко // Морфология. – 1998. – № 3. – С. 78.

138. 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'янченка, А. Матвеева, А. Подольски, Ю. Шкретія]. – Дрогобич : Коло, 2007. – С. 221–222.

139. Мепелєв А. Є. Перетворення кісток, адаптованих до фізичних навантажень тварин, в умовах опромінення та впливу солей важких металів / А. Є. Мепелєв // Таврический медико-биологический вестник. – 2004. – Т. 7, № 4. – С. 216–217.

140. Митник З. М. Мінеральна щільність кісткової тканини, мінеральний і кістковий обмін у хворих на хронічний панкреатит із зовнішньо-секреторною недостатністю / З. М. Митник // Львівський медичний часопис. – 2003. – Т. VIV, № 1. – С. 64–69.

141. Мицкан Б. М. Нервово-м'язовий апарат і гіпокінезія / Б. М. Мицкан, С. Попель // Концепція розвитку галузі фізичного виховання і спорту в Україні : зб. наук. праць. – Рівне : «Принт Хауз», 2001. – Вип. 2. – С. 148–151.

142. Міжнародна анатомічна номенклатура [український стандарт ; під редакцією І. І. Бобрика]. – К. : Здоров'я, 2001. – 214 с.

143. Міненко А. Ефективність соціально-просвітницьких тренінгів з формування мотивації до здорового способу життя / А. Міненко // Вісник державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія : педагогічні науки. – 2006. – № 35. – С. 528.

144. Морфологические закономерности роста и формообразования костей скелета при физических нагрузках, иммобилизационном стрессе

(гипокинезии) и в период реадaptации при нормотоническом типе вегетативной нервной системы / Е. М. Довгань, И. И. Боймиструк, Я. И. Федонюк [и др.] // Всеросс. науч.-практ. конф. хирургов : сб. статей. – Пятигорск, 1999. – С. 231–232.

145. Морфо-функциональная оценка состояния здоровья подростков / О. А. Бутова, Н. А. Агаджанян, В. А. Батурин // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 3. – С. 86–93.

146. Музиченко О. Зміни в структурі трубчастих кісток в зв'язку з інкорнізацією радіонуклідів / О. Музиченко // Український медичний альманах. – 1998. – № 3. – С. 22–24.

147. Мухін В. М. Фізична реабілітація : підручник для студентів вузів фізичного виховання і спорту / В. М. Мухін. – К. : Олімпійська література, 2000. – 424 с.

148. Мякоткіна Г. В. Особливості хімічного складу кісток скелета статевозрілих білих пацюків при впливі парів формальдегіду / Г. В. Мякоткіна // Вісник морфолога. – 2000. – № 1. – С. 66–67.

149. Насонов Е. Л. Проблемы остеопороза : изучение биохимических маркеров костного метаболизма / Е. Л. Насонов // Клиническая медицина. – 1998. – № 5. – С. 20–25.

150. Насонова Б. А. Современные представления об остеопорозе / Б. А. Насонова, Е. Л. Насонов, И. А. Скрипникова // Проблема остеопороза в ревматологии. – М. : «СТИН», 1997. – С. 11–35.

151. Нейко Е. М. Сучасні методи оцінки стану кісткової тканини та діагностики її порушень при остеопорозі / Е. М. Нейко, І. Ю. Головач, З. М. Митник // Ортопедія, травматологія і протезування. – 2001. – № 4. – С. 107–113.

152. 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.

153. Никитюк Б. А. Очерки теории интегративной морфологии / Б. А. Никитюк. – М. : Майкоп, 1995. – 199 с.
154. Никитюк Б. А. Адаптация скелета спортсменов / Б. А. Никитюк, Б. Й. Коган. – К. : Здоровье, 1989. – 127 с.
155. Новейший психологический словарь ; [под общ. ред. В. Б. Щапаря]. – Изд 2-е. – Ростов н/Д. : Фенікс, 2006. – 807 с.
156. О реактивности и пластичности тканей опорно-двигательного аппарата в эксперименте / В. П. Новак, В. Б. Дудка, А. П. Мельниченко // Український медичний альманах. – 1998. – № 3. – С. 37–39.
157. Оганов В. С. Гипокинезия – фактор риска остеопороза / В. С. Оганов // Остеопороз и остеопатии. – 1998. – № 1. – С. 13–17.
158. Омеляненко Н. П. Интерстициальное пространство костного вещества / Н. П. Омеляненко // Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации опорных органов и тканей. – М. : Медицина, 1996. – С. 13–20.
159. Омеляненко Н. П. Количественный анализ межструктурного пространства компактного вещества кости человека / Н. П. Омеляненко, Г. М. Бутырин // Вестник травматологии им. Н. Н. Приорова. – 1994. – № 1. – С. 1–54.
160. Особливості впливу макроеlementу магнію на структурно-функціональний стан кісткової тканини дітей, народжених після аварії на ЧАЕС / Л. П. Арабська, Ю. Г. Антипкін, В. В. Поворознюк // Український медичний альманах. – 1999. – № 3. – С. 18–19.
161. Пикалюк В. С. Строение, рост и формирование костей при токсическом воздействии на организм пестицидов и антиоксидантной терапии / В. С. Пикалюк // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1991. – Т. 100, № 5. – С. 5–7.
162. Пішак В. П. Дослідження мікроструктури кісткової тканини у поляризованому лазерному світлі / В. П. Пішак, О. Г. Ушенко, О. В. Пішак // Медичні перспективи. – 2000. – Т. V, № 4. – С. 23–28.



163. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее приложения / В. Н. Платонов. – К. : Олимпийская литература, 2004. – 808 с.

164. Плотников В. П. К вопросу о классификации физических упражнений / В. П. Плотников, Б. А. Поляев, А. В. Чоговадзе // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 2001. – № 3. – С. 19–22.

165. Побел А. Н. Действие химических токсинов на костную и хрящевую ткань / А. Н. Побел // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1998. – № 2. – С. 143–151.

166. Поворознюк В. В. Инволюционный остеопороз, механизмы развития, клиника, диагностика, профилактика и лечение / В. В. Поворознюк // Новости науки и техники. Серия : медицина. Вып. "Геронтология и гериатрия". – ВИНТИ. – 1998. – № 1. – С. 3–24.

167. Поворознюк В. В. Методика определения структурно-функционального возраста опорно-двигательного аппарата / В. В. Поворознюк // Пробл. старения и долголетия. – 1994. – № 1. – С. 89–94.

168. Поворознюк В. В. Остеопороз : фактори ризику, класифікація, лікування / В. В. Поворознюк // Нова медицина. – 2002. – № 5. – С. 38–41.

169. Поворознюк В. В. Сравнительная оценка полового и физического развития, структурно-функционального состояния костной ткани у девочек в период развития, центральных и южных регионов Украины / В. В. Поворознюк, Т. В. Орлик, Э. Д. Клочко // Пробл. остеологии. – 2000. – Т. 2, № 2. – С. 42–47.

170. Поворознюк В. В. Структурно-функціональний стан кістково-м'язової системи у працівників ВО ЧАЕС та його зміни під впливом реабілітаційних заходів / В. В. Поворознюк, І. Д. Кристура // Український реферативний журнал. – 1995. – № 3. – С. 26–29.

171. Подрушняк Е. П. Остеопороз – проблема века / Е. П. Подрушняк. – Симферополь : Одисей, 1997. – 216 с.

172. Показатели кальций-фосфорного обмена и костного метаболизма у

больных с диффузным токсическим зобом / Н. К. Ахкубекова, Е. И. Макарова, Л. Я. Рожинская // Проблемы эндокринологии. – 1997. – Т. 43, № 5. – С. 12–16.

173. Пономаренко В. Роль костной ткани в патогенезе апластической анемии / В. Пономаренко, В. Ругаль // Гематология и трансфузиология. – 1995. – Т. 40, № 2. – С. 35.

174. Попов В. В. Вариабельность сердечного ритма : возможности применения в физиологии и клинической медицине / В. В. Попов, Л. Н. Фритше // Український медичний часопис. – 2006. – № 2 (52). – С. 24–31.

175. Проблема остеопороза в современной медицине / Л. И. Бневальская // Вестник Российской академии наук. – 2003. – № 7. – С. 15–18.

176. Проблеми остеопорозу ; [за ред. проф. Л. Я. Ковальчука]. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2000. – 445 с.

177. Профессиональный спорт ; [под ред. С. И. Гуськова, В. Н. Платонова]. – К. : Олимпийская литература, 2000. – 392 с.

178. Прусов П. К. Новый индекс определения массово-ростового соотношения у мальчиков-подростков / П. К. Прусов // Педиатрия. – 2000. – № 2. – С. 26–29.

179. Рахманов А. С. Костная денситометрия в диагностике остеопатии / А. С. Рахманов, А. В. Бакулин // Остеопороз и остеопатии. – 1998. – № 1. – С. 28–33.

180. Рахматуллина А. И. О патогенезе остеопороза / А. И. Рахматуллина // Казанский медицинский журнал. – 1996. – № 1. – С. 55–56.

181. Реадаптационные изменения в костях скелета после динамических нагрузок у животных с нормотоническим типом вегетативной нервной системы / Е. М. Довгань, Я. И. Федонюк, Н. О. Давыбида // Український медичний альманах. – 1998. – № 2. – С. 79–81.

182. Реадаптаційні перетворення в довгих кістках після тренування статичними фізичними навантаженнями / О. М. Довгань, Я. І. Федонюк, В. В. Борковський // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1994. – № 4. – С. 103.

183. Ревеля П. А. Патология кости / П. А. Ревеля. – М. : Медицина, 1993. – 368 с.
184. Решетов Г. Д. Факторы роста костной ткани (состояние проблемы : возможность практического применения) / Г. Д. Решетов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1994. – № 4. – С. 89.
185. Риггз Б. Л. Остеопороз / Б. Л. Риггз, Л. Дж. Ш. Мелтон ; пер. с англ. – М. – СПб. : ЗАО «Издательство БИНОМ», «Невский диалект», 2000. – 560 с.
186. Родионова С. Остеопороз как одна из проблем травматологии и ортопедии / С. Родионова, Т. Попова, Э. Солод // Врач. – 1999. – № 8. – С. 4–5.
187. Рожинская Л. Генерализованный остеопороз : диагностика, лечение, профилактика / Л. Рожинская // Врач. – 1999. – № 8. – С. 6–9.
188. Рожинская Л. Я. Соли кальция в профилактике и лечении остеопороза / Л. Я. Рожинская // Остеопороз и остеопатии. – 1998. – № 1. – С. 43–45.
189. Романюк А. М. Морфологічні особливості реакції кісток скелета в умовах гіпоксії організму / А. М. Романюк, Г. Ю. Будко, О. М. Гортинська // Таврический медико-биологический вестник / Биология двигательного аппарата : материалы симпозиума. – 2004. – Т. 7, № 4. – С. 202–204.
190. Российская Л. Я. Системный остеопороз / Л. Я. Российская. – М. : Издатель Мокеев, 2000. – 195 с.
191. Рост и созревание трубчатых костей в условиях повышенных физических нагрузок / Ф. В. Судзиловский, М. А. Корнев, Н. В. Земша // IX Всесоюзный съезд АГЭ : тез. докл. – Минск, 1981. – С. 374.
192. Рудик С. К. Момент інерції, як показник опору кістки в онтогенезі / С. К. Рудик, С. А. Ткачук // Таврический медико-биологический вестник / Биология двигательного аппарата : материалы симпозиума. – 2004. – Т. 7, № 4. – С. 204–207.
193. Руководство по остеопорозу; [под ред. Л. И. Беневоленской]. – М. : БИНОМ – Лаборатория Знаний, 2003. – 524 с.
194. Рябуха О.І. Вчення про здоров'я / О. І. Рябуха. – Л. : Ліга–Прес,

2001. – 112 с.

195. Садофьев Л. А. Дифференцировка остеогенных клеток в культуре / Л. А. Садофьев, О. И. Подгорная // Цитология. – 1999. – № 41 (10). – С. 876–884.

196. Сергієчко Л. П. Тестування рухових здібностей школярів / Л. П. Сергієчко. – К. : Олімпійська література, 2001. – 439 с.

197. 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.

198. Современный психологический словарь / [сост. и общ. ред. Б. Г. Мищеряков, В. П. Зинченко]. – М. : АСТ; СПб. : Прайм–ЕВРОЗНАК, 2007. – 490 с.

199. Солончак Д. М. Дефініція здоров'я і його оцінка / Д. М. Солончак // Молода спортивна наука України : зб. наук. ст. – Л. : ЛДІФК, 2004 – Т. 4, вип. 8. – С. 317–321.

200. Солопчук М. С. Сучасні вітчизняні та зарубіжні підходи до формування здорового способу життя школярів / М. С. Солопчук, А. В. Заїкін, Д. М. Солопчук // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : [наук. моногр. за ред. проф. С. С. Єрмакова]. – Харків, ХДАДМ (ХХІІІ), 2006. – № 10. – С. 72–79.

201. Сорокин А. П. Адаптация и управление свойствами организма / А. П. Сорокин, Г. В. Стрельников, А. Н. Вазин. – М. : Медицина, 1977. – 260 с.

202. Состояние костной ткани у больных с гиперпролактинемическим гипогонадизмом / Л. Я. Рожинская, Е. И. Макарова, Л. К. Дзеранова // Проблемы эндокринологии. – 1992. – № 6. – С. 17.

203. Состояние минеральной плотности костной ткани у женщин репродуктивного возраста при нейрообменно-эндокринном синдроме / М. М. Байдак // Акушерство и гинекология. – 1996. – № 2. – С. 33–36.

204. Спортивная аэробика в школе. Физическая культура и спорт в школе. – М. : СпортАкадемПресс, 2002. – 84 с.

205. Сравнение различных методов оценки степени минерализации костей у детей и подростков с генетически обусловленными формами рахита / А. Ф. Цыб, В. Е. Зайчик, А. П. Дубровик // Український медичний альманах. – 1994. – № 5. – С. 14 – 17.
206. Стронина И.Г. Кратковременное влияние дозированной нормобарической гипоксии на состояние ВНС у лиц с гипо- и гиперацидным синдромом / И.Г. Стронина, О.Б. Дынник // Лікарська справа. – 1999. - № 7-8. – С. 105-106.
207. Субчик Л. Н. Психология индивидуальности. Теорія и практика психодіагностики / Л. Н. Субчик. – СПб. : Речь, 2003. – 624 с.
208. Уилмор Дж. Х. Физиология спорта и двигательная активность / Дж. Х. Уилмор, Д. Л. Костил. – К. : Олимпийская литература, 1997. – 504 с.
209. Ультраструктурная организация хондроцитов эпифизарного хряща при различных режимах двигательной активности и в условиях дегидратации организма / В. В. Борковский, Е. М. Довгань, Я. И. Федонюк // Вестник проблем биологии и медицины. – 1997. – № 9. – С. 140–142.
210. Усков Г.В., Чепышев А.В. Программы тренировочных режимов для студентов с различным уровнем функционального состояния // Теория и практика физ. культуры.- 2003.- №6.- С. 17 – 19.
211. Формирование остеопоротических сдвигов в структуре костной ткани / А. С. Аврунин, Н. В. Корнилов, А. В. Суханов, В. Г. Емельянов. – СПб. : Изд-во “Ольга”, 1998. – 68 с.
212. Формування навичок здорового способу життя молоді / [упоряд. А. Флойбман]. – К. : Шкільний світ, 2002. – 111 с.
213. Франке Ю. Остеопороз / Ю. Франке, Г. Рунне ; пер. с нем. – М. : Медицина, 1995. – 304 с.
214. Фриденштейн А. Я. Индукция костной ткани и остеогенные клетки – предшественники / А. Я. Фриденштейн, К. С. Лалыкина. – М. : Медицина, 1973. – 221 с.
215. Фурман Ю. М. Корекція аеробної та анаеробної лактатної

продуктивності організму молоді біговими навантаженнями різного режиму : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : спец. 03.00.13 "Фізіологія людини і тварин" / Ю. М. Фурман. – Київ, 2003. – 31 с.

216. Фурман Ю. М. Вплив бігових оздоровчих тренувань на аеробну та анаеробну (лактатну) продуктивність організму дівчат 17–19 років з різним соматотипом / Ю. М. Фурман, В. М. Мірошніченко // Вісник морфології. – 2006. – № 12 (2). – С. 181–182.

217. Хатунцева С. М. Освіта як визначальний засіб формування і розвитку здорової молоді / С. М. Хатунцева // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. – К. : Центр вищої освіти, 2002. – Вип. 28. – 153 с.

218. Хоули Эдвард Т. Руководство инструктора оздоровительного фитнеса / Т. Хоули Эдвард, Б. Дон Френкс. – К. : Олимпийская литература, 2004. – 375 с.

219. Шевченко Н. С. Характеристика остеопороза у детей и подростков с диффузными заболеваниями соединительной ткани / Н. С. Шевченко // Проблеми остеопорозу. – 1998. – Т. 1, № 1. – С. 30–35.

220. Шкретій Ю.М. Управління тренувальними і змагальними навантаженнями спортсменів високого класу / Ю.М. Шкретій. – К.: Олімпійська література, 2005. – С. 104 – 105.

221. Шиян Б. М. Теорія і методика фізичного виховання школярів : в 2 ч. / Б. М. Шиян. – Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2002. – Ч. 2. – 248 с.

222. Шпилько В. Г. Методология построения личностно-ориентированного содержания физкультурно-спортивной деятельности студентов // Теория и практика физической культуры / В. Г. Шпилько. – 2003. – № 9. – С. 45–50.

223. Щепеткин И. А. Остеокластическая резорбция кости / И. А. Щепеткин // Успехи современной биологии. – 1996. – № 116 (4). – С. 474–492.

224. Щепеткин И. А. Полипептидные факторы остеогенеза / И. А. Щепеткин // Успехи современной биологии. – 1994. – № 114 (4). – С. 454–466.

225. Энциклопедия Амосова. Алгоритм здоровья. Человек и общество / Н. М. Амосов. – Донецк : Сталкер, 2002. – 244 с.

226. A histomorphometric and scanning electron microscopy study of human condylar cartilage and bone tissue changes in relation to age / H. Paulsen, J. Thomsen, H. Hougen // *Clin. Orthod. Res.* – 1999. – Vol. 2. – P. 67–78.

227. Aubin J. E. Osteoprotegerin and its ligand: a new paradigm for regulation of osteoclastogenesis and bone resorption / J. E. Aubin, E. D. Bonnelye // (In Medscape) *Women Health J.* – 2000. – Vol. 5, № 2. – P. 1–14.

228. Bonucci E. New knowledge on the origin, function and fate of osteoclasts / E. Bonucci // *Clin. Orthoped.* – 1981. – Vol. 158. – P. 252–269.

229. Bourrin S. Effects of physical training on bone adaptation in three zones of the rat tibia / S. Bourrin, S. Palle, R. Pipier // *J. Bone Miner. Res.* – 1995. – Vol. 10, № 11. – P. 1745–1752.

230. 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.

231. Calcium intake and peak bone mass in the Netherlands / A. F. M. Kardinaal, A. M. J. Van Erp-Baart, E. Schaafsma [et al.] // *Amsterdam World Congress on Osteoporosis.* – 1996. – P. 68.

232. Calcium-activated intercellular calcium elevation: a novel mechanism of osteoclast regulation / M. Zaidi, H. K. Datta, A. Patchell [et al.] // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 1989. – Vol. 163, № 3. – P. 1461–1465.

233. Changes of Tubular bones Cartilaginous Tissue Structure due to the Physical Load / V. Borcovsky, Y. Fedonyuk, O. Dovgan [et al.] // *XIV<sup>th</sup> international Symposium on Morphological Sciences : Abstracts.* – Beijing, China, 1997. – P. 518.

234. Brown J. P. Clinical practice guidelines for the diagnosis and management of osteoporosis in Canada / J. P. Brown, R. G. Josse // *CMAJ.* – 2002. – Vol. 167, № 10, Suppl. – S1-S34.

235. Correcting calcium nutritional deficiency prevents spine fractures in elderly women / R. R. Recker, S. Hinders, K. M. Davies [et al.] // *J. Bone Miner. Res.* – 1996. – Vol. 11, № 12. – P. 1961–1966.

236. Dauglas D. L. Composition of bone / D. L. Dauglas // *Meg. Int. (Gr. Brit.)* – 1990. – № 73. – P. 3036–3037

237. Declines in physical functioning attributable to hip fracture among older people : follow up study of case-control participants / R. Norton, M. Butler, E. Robinson [et al.] // *Disabil. Rehabil.* – 2000. – Vol. 22, № 8. – P. 345–351.

238. Del Rio L. Influence of physical activity on bone mass peak during childhood and adolescence / L. Del Rio, A. Carrascosa, F. Pans // *Amsterdam World Congress on Osteoporosis : Abstracts.* – 1996. – P. 47.

239. Droll H. Consensus Statement: Osteoporosis, Classification Clinical Features / H. Drol // *Rheumatol. Eur.* – 1996. – Vol. 25, № 1. – P. 33–36.

240. Duerst W. Vergleichende Untersuchungen am Skelet bei sangen / W. Duerst // *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden.* – 1926. – Abt. 7, h. 2. – P. 125–390.

241. Effect of alcohol intake on bone mineral density in elderly women : The EPIDOS Study. *Epidemiologie de l'Osteoporose* / O. Garny, C. Baudoin, N. Thelot [et al.] // *Am. J. Epidemiol.* – 2000. – Vol. 151, № 8. – P. 773 – 780.

242. Effect of Hypokinesia and Physical Load on the Growth and Formation of Bones of Animals With the Normotonic Tipe of Vegetative Nervous System / O. Dovgan, I. Boymistruk, Y. Fedonyuk [et al.] // *The Eleventh European Anatomicae Congress : Abstracts Book.* – Romania, Timisoara, 1998. – P. 80–81.

243. Egawa Kaoru. The dimensional ultrastructural study of arrangement of collagen fibrils on bone surface / Kaoru Egawa, Reij Kimura // *Anat. Res.* – 1993. – Suppl. 1. – P. 99.

244. Frost H. Changing views about «osteoporoses» / H. Frost // *Osteoporosis Int.* – 1999. – Vol. 10, № 5. – P. 345–352.

245. Green J. The physicochemical structure of bone : cellular and noncellular elements / J. Green // *Miner. Electrolyte Metab.* – 1994. – Vol. 20, № 1. – P. 7–15.

246. Guidelines for diagnosis and management of osteoporosis. The European Foundation for Osteoporosis and Bone Disease // J. A. Kanis, P. Delmas,



P. Burchard [et al.] // *Osteoporosis int.* – 1997. – Vol. 7, № 4. – P. 390–406.

247. Helt J. A new explanation of cancellous bone architecture / J. Helt // *Func. and Dev. Morphol.* – 1992. – Vol. 2, № 1. – P. 17–24.

248. Identifying bone – mass – related risk factors for fracture to guide bone densitometry measurements: A systematic review of the literature / M. Espallargues, L. Sampietro-Colom, M. D. Estrada [et al.] // *Osteoporosis Int.* – 2001. – Vol. 12, № 10. – P. 811–822.

249. Influence of hypodynamia, hypokinesia and physical load on the chemical composition of skeleton bones / N. Davybida, Y. Fedonyuk, I. Krytskyy // *Folia morphologica.* – 1999. – Vol. 58, № 1. – P. 46.

250. Law M. R. A meta-analysis of cigarette smoking, bone mineral density and risk of hip fracture : recognition of a major effect / M. R. Law, A. K. Hackshaw // *Brit. Med. J.* – 1997. – Vol. 315. – P. 841–845.

251. Liu Xin Min. A research on short – term Training of College Amateur's 400-meters Hurdle Race / Xin Min Lui // *Journal of Hess Teachers College.* – 2004. – №4. – P. 93 – 95.

252. Marcus Sandy C. Bone cell biology the regulatio of development, structure, and function in the skeleton / C. Marcus Sandy, N. Popoff Steven // *Amer. J. Anat.* – 1988. – Vol. 183, № 1. – P. 1–44.

253. Martin T. J. Bone structure and cellular activity / T. J. Martin, D. W. Dempster // *Osteoporosis ; [ed. by J. C Stevenson and R. Einbsay].* – London, 1998. – P. 1–28.

254. Mc Culloch C. Lifetime of the osteoblast in mouse periodontium / C. Mc Culloch, J. Heersche // *Anat. Rec.* – 1988. – Vol. 222, № 2. – P. 128–135.

255. Milk intake and bone mineral acquisition in adolescent girls : randomised, controlled intervention trial / J. Cadogan, R. Eastell, N. Jones [et al.] // *Brit. Med. J.* – 1997. – Vol. 315. – P. 1255–1260.

256. Modzowsky D. Cells isolated from the endosteal bone surface of adult rats express differentiated osteoblastic characteristics in vitro / D. Modzowsky, P. J. Marie // *Cells and Tissue Res.* – 1993. – Vol. 271, № 3. – P. 499–505.

257. Morphofunctional regularities of structure of the vertebrae and tubular bones during static physical load of the animals with normothonic type of vegetative nervous system / K. Barabash, O. Dovgan, I. Boymistruk [et al.] // *Folia mophologica*. – Poland, 1999. – Vol. 58, № 1. – P. 13.

258. Mosekilde L. Age-related changes in bone mass structure and strength – effects of loading / L. Mosekilde // *Z. Rheumatol.* – 2000. – Vol. 59 (Suppl. 1). – P. 1–9.

259. Nanci A. Content and Distribution of Noncollagenous Matrix Proteins in Bone and Cementum: Relationship to Speed of Formation and Collagen Packing Density / A. Nanci // *J. Struct. Biol.* – 1999. – Vol. 126, № 3. – P. 256–269.

260. Naves Dias M. The influence of alcohol consumption on the risk of vertebral deformity. The European Vertebral Osteoporosis Study Group / M. Naves Dias, T. W. O'Neill, A. J. Silman // *Osteoporosis Int.* – 1997. – Vol. 7, № 1. – P. 65–71.

261. Osteogenese beim hypokinetischen syndrome / O. M. Dovgan, Y. I. Fedonyuk, J. T. Weleschtchuk [et al.] // *Проблеми экологии в медицине : междунар. конф., посвященной 100 летию со дня рождения проф. Н. В. Поповой-Латкиной : материалы конф.* – Астрахань, 1996. – P. 62.

262. 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.

263. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group / E. W. Gregg, J. A. Cauley, D. G. Seeley [et al.] // *Am. Intern. Med.* – 1998. – Vol. 129, № 2. – P. 81–88.

264. Rasmussen H. The Physiological and Cellular Basis of Metabolic Bone Disease / H. Rasmussen, Ph. Bordier. – Baltimore, 1974. – P. 9–69.

265. Readaptation Changes of Skeleton Bones in Physical load in Animal with Normotonic Type of Vegetative Nervous System / O. M. Dovgan, Y. I. Fedonyuk, K. M. Barabash [et al.] // *The 2th Asian Pacific International Congress of Anatomists : Abstracts.* – Beijing, China, 1999. – P. 28.

266. Regularities of the structural reconstruction of epiphyseal and articular cartilages of long tubular bones in different regimens of locomotor activity / O. M. Dovgan, Y. I. Fedonyuk, W.W. Borkowsyj [et al.] // Проблемы экологии в медицине : междунар. конф., посвященной 100 летию со дня рождения проф. Н. В. Поповой-Латкиной : материалы конф. – Астрахань, 1996. – P. 62

267. Risk factors for hip fracture in five Asian countries – The Asian Osteoporosis Study / E. Lau, D. D. Shamal, H. Chan [et al.] // Bone. – 1998. – Vol. 23 (Suppl. 5). – S. 308.

268. Robling A. Morphology of the drifting osteon / A. Robling, S. Stout // Cell, Tissue, Organs. – 1999. – Vol. 164, № 4. – P. 192–204.

269. Roux S. Bone loss. Factors that regulate osteoclast differentiation : an update / S. Roux, P. Orcel // Arthritis Res. – 2000. – Vol. 2, № 1. – P. 451 – 456.

270. Schaffler M. B. Bone microstructure and locomotor biomechanics in primates / M. B. Schaffler, D. B. Burr // Amer. J. Phys. Anthropol. – 1983. – Vol. 60, № 2. – P. 249–250.

271. Smith Everet L. Mechanical foeces and bone / L. Smith Everet, C. Gilligan // Bone and Miner Res. G. – Amsterdam ets., 1989. – P. 139–173.

272. The effect of calcium supplementation and Tanner stage on bone density, content and area in teenage women / T. Lloyd, J. K. Martel, N. Rollings [et al.] // Osteoporosis Int. – 1996. – Vol. 6, № 4. – P. 276–283.

273. The effect of smoking at different life stages on bone mineral density in elderly men and women / D. P. Kiel, Y. Zhang, M. T. Hannan [et al.] // Osteoporosis Int. – 1996. – Vol. 6, № 3. – P. 240–248.

274. The relationship of sustained exercise training and bone mineral density in aging male runners / B. H. Goodpaster, D. L. Costill, S. W. Trappe [et al.] // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 1996. – Vol. 6, № 4. – P. 216–221.

275. Three-year controlled, randomized trial of the effect of dose – specified loading and strengthening exercises on bone mineral density of spine and femur in nonathletic, physically active women / M. Sinaki, H. W. Wahner, E. J. Bergstralh [et al.] // Bone. – 1996. – Vol. 19, № 3. – P. 233–244.

276. Tukkanen J. The effect of training on the recovery from immobilisation bone loss in rats / J. Tukkanen, Z. Peng, H. K. Vaananen // *Acta physiol. scand.* – 1992. – Vol. 145, № 4. – P. 407–411.

277. Van der Voort D. J. M. Risk factors for osteoporosis related to their outcome : Fractures / D. J. M. Van der Voort, P. P. Geusens, G. J. Dinant // *Osteoporosis Int.* – 2001. – Vol. 12, № 8. – P. 630–638.

278. Weiner S. Lamellar bone : structure – function relations / S. Weiner, W. Troub, H. D. Wagner // *J. Struct. Biol.* – 1999. – Vol. 126, № 3. – P. 241–255.

279. Weiner S. The material bone : structure – mechanical function relations / S. Weiner, H. D. Wagner // *Annu. Rev. Mater. Sci.* – 1998. – Vol. 28. – P. 271–298.

280. What's new in osteoclast ontogeny? / M. H. Zheng, G. C. Nicholson, A. Warton [et al.] // *Pathol. Res. And Pract.* – 1991. – Vol. 187, № 1. – P. 117–125.

281. Wolff J. The effect of exercise training programs on bone mass : a metaanalysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women / J. J. Wolff, C. Croonenborg // *Osteoporosis Int.* – 1999. – Vol. 9, № 1. – P. 1–12.

282. Wong M. A theoretical model of endochondral ossification and bone architectural construction in long bone ontogeny / M. Wong, D. R. Carter // *Anat. and Embryol.* – 1990. – Vol. 181, № 6. – P. 523–532.

283. Ziv V. Microstructure – microhardness relations in parallel fibered and lamellar bone / V. Ziv, H. D. Wagner, S. Weiner // *Bone.* – 1996. – Vol. 18, № 5. – P. 417–428.

284. Zorbas Y. G. Effect of fluid and salt supplements in preventing the development of “osteopenia” in hypokineic rats / Y. G. Zorbas, Y. F. Federenko, M. N. Togawa // *Acta astronaut.* – 1991. – Vol. 25, № 2. – P. 111–116.

# ДОДАТКИ

Морфометрична характеристика та хімічний склад плечових кісток щурів  
молодого віку в експерименті

Таблиця А.1

**Остеометрична характеристика плечових кісток безпородних білих  
лабораторних щурів-самців молодого віку в експерименті**

		Молоді тварини			
		60 днів	80 днів	100днів	120днів
Остеометрія		плечова			
Максимальна довжина кістки (мм)	контроль	23,51±0,71	23,92±0,50	24,31±0,65	24,82±0,62
	інтенсивні		23,85±0,58	24,21±0,62	24,53±0,53
	помірні		24,01±0,57	24,48±0,53	24,94±0,64
Ширина проксимального епіфіза (мм)	контроль	4,09±0,11	4,20±0,13	4,44±0,12	4,56±0,14
	інтенсивні		4,18±0,15	4,27±0,11	4,34±0,16
	помірні		4,26±0,10	4,46±0,14	4,61±0,12
Ширина дистального епіфіза (мм)	контроль	6,41±0,43	6,44±0,14	6,46±0,12	6,61±0,18
	інтенсивні		6,62±0,18	6,45±0,19	6,46±0,17
	помірні		6,49±0,17	6,56±0,20	6,69±0,22
Ширина середини діафіза (мм)	контроль	2,23±0,06	2,40±0,05	2,63±0,07	2,81±0,08
	інтенсивні		2,33±0,17	2,47±0,05	2,57±0,06*
	помірні		2,42±0,09	2,68±0,08	2,92±0,09
Передньо задній розмір середини діафіза (мм)	контроль	1,95±0,05	2,23±0,06	2,72±0,07	3,06±0,08
	інтенсивні		2,12±0,07	2,34±0,06*	2,54±0,07*
	помірні		2,23±0,05	2,73±0,07	3,29±0,08*
Примітка: тут і в наступних таблицях * - достовірні зміни між контролем та показниками при фізичних динамічних навантаженнях.					

**Морфометрична характеристика хрящової пластинки та метафіза плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців молодого віку в експерименті**

Молоді тварини					
		60 днів	80 днів	100днів	120днів
Епіфіз		плечова			
Ширина епіфізарного хряща (мкм)	Контроль	244,27±1,44	237,85±5,66	229,34±4,95	229,02±5,86
	інтенсивні		235,40±6,40	221,40±5,91	197,75±5,18*
	помірні		240,40±7,21	237,50±6,29	234,70±6,27
Ширина зони проліферації (мкм)	контроль	153,51±4,02	151,76±7,66	151,13±3,98	150,24±3,91
	інтенсивні		150,33±5,26	149,11±4,09	146,62±8,27
	помірні		152,10±3,42	151,20±3,18	150,60±7,99
Ширина зони дефінітивного хряща (мкм)	контроль	97,25±2,93	96,99±3,48	96,42±2,95	96,21±4,51
	інтенсивні		97,10±5,51	96,79±6,60	96,62±6,65
	помірні		96,97±4,07	96,33±3,57	95,82±4,66
Об'єм загальної спонгіози %	контроль	57,28±0,47	38,94±2,87	38,92±0,83	38,82±1,19
	інтенсивні		38,23±2,01	36,23±2,95	34,84±0,94*
	помірні		39,01±2,40	39,11±3,04	39,16±4,05
Об'єм первинної спонгіози %	контроль	39,42±1,01	55,55±1,62	52,31±0,40	52,25±1,34
	інтенсивні		54,88±1,15	52,15±1,38	50,84±2,10
	помірні		56,32±2,37	55,17±2,15	54,21±2,45
Глиб. проник. хрящової канини в кістко- мозкову порожнину (мкм)	контроль	6,76±0,17	6,57±0,18	6,43±0,21	6,06±0,16
	інтенсивні		6,51±0,17	6,32±0,18	5,99±0,14
	помірні		6,86±0,22	6,78±0,13	6,65±0,18*
Довжина трабекул первинної спонгіози (мкм)	контроль	508,57±12,15	500,09±10,00	495,83±12,05	495,55±9,81
	інтенсивні		493,67±12,05	486,21±11,62	485,97±7,56
	помірні		506,20±9,77	507,10±9,79	508,70±12,16
К-сть остеобластів первинної спонгіози. (шт)	контроль	46,77±1,13	46,46±1,13	45,37±1,16	45,18±0,98
	інтенсивні		44,65±1,06	40,25±0,87*	33,67±0,86*
	помірні		47,16±1,28	47,17±1,26	47,00±1,23

**Морфометрична характеристика діяфіза плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців молодого віку в експерименті**

Молоді тварини					
		60 днів	80 днів	100днів	120днів
Діафіз		плечова			
Ширина внутрішньо-оточуючих пластин мкм	контроль	87,17±2,27	86,88±3,22	86,79±4,66	86,73±2,26
	інтенсивні		88,63±2,29	91,23±2,45	96,26±2,64*
	помірні		86,78±2,85	86,55±1,31	86,30±2,40
Ширина зовнішньо-оточуючих пластин мкм	контроль	120,11±0,98	120,09±4,68	118,72±2,53	118,56±3,63
	інтенсивні		120,43±5,19	122,47±4,21	126,30±3,40
	помірні		119,70±5,06	118,50±3,16	118,00±6,15
Ширина остеонного шару мкм	контроль	272,35±6,97	251,38±8,43	259,31±6,92	260,85±6,68
	інтенсивні		247,08±5,19	253,45±7,72	254,59±9,50
	помірні		255,70±6,24	270,00±5,64	275,90±7,37
Площа діяфіза мм <sup>2</sup>	контроль	4,65±0,12	4,88±0,13	5,00±0,16	5,36±0,14
	інтенсивні		4,80±0,10	4,89±0,14	4,97±0,13
	помірні		4,94±0,12	5,39±0,13	5,80±0,15
Площа кістково-мозкового каналу мм <sup>2</sup>	контроль	1,82±0,04	1,82 ±0,07	1,79±0,04	1,75±0,06
	інтенсивні		1,83±0,09	1,88±0,10	1,98±0,05*
	помірні		1,82±0,04	1,79±0,07	1,75±0,09
Діаметр остеона мкм	контроль	30,56±0,82	30,59±0,83	30,68±0,82	30,76±0,81
	інтенсивні		30,35±0,91	29,76±0,79	29,05±0,78
	помірні		30,66±0,92	31,42±1,00	32,71±0,87
Діаметр каналу остеона мкм	контроль	20,32±0,45	19,75±0,43	19,29±0,53	19,04±0,42
	інтенсивні		20,87±0,67	21,52±0,45*	22,11±0,59*
	помірні		19,70±0,53	19,18±0,68	18,97±0,39



Таблиця А.4

**Показники вмісту неорганічних речовин та мікроелементів плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців молодого віку в експерименті**

Молоді тварини					
		60 днів	80 днів	100днів	120днів
		плечова			
Вміст води %	контроль	18,38±0,49	18,38±0,97	17,97±0,48	17,49±0,57
	інтенсивні		18,10±0,62	17,25±0,56	16,38±0,44
	помірні		18,40±0,48	18,67±0,60	19,08±0,49*
Загальна кількість мінеральних речовин % на суху речовину	контроль	54,48±0,33	55,54±2,36	59,79±1,25	59,81±1,60
	інтенсивні		53,23±1,63	50,60±1,32*	46,14±1,22*
	помірні		57,67±1,55	62,51±2,71	70,27±1,80*
Кількість кальцію % на попіл	контроль	23,68±0,57	24,36±0,58	27,66±0,67	30,47±0,74
	інтенсивні		23,05±1,56	21,76±0,53*	19,96±0,48*
	помірні		25,96±1,49	29,91±0,71*	35,46±0,85*
Кількість фосфору % на попіл	контроль	12,28±0,30	12,34±0,50	13,11±0,64	14,91±0,32
	інтенсивні		12,04±0,29	11,31±0,24*	10,48±0,27*
	помірні		13,28±0,36	15,12±0,40*	16,74±0,44*
Кількість натрію % на попіл	контроль	2,46±0,06	2,61±0,18	2,70±0,07	2,74±0,07
	інтенсивні		2,38±0,06*	2,18±0,06*	1,78±0,05*
	помірні		2,65±0,14	2,80±0,18	2,89±0,16
Кількість калію % на попіл	контроль	1,38±0,04	1,49±0,05	1,55±0,07	2,19±0,06
	інтенсивні		1,32±0,03*	1,22±0,04*	1,05±0,03*
	помірні		1,52±0,04	1,92±0,05*	2,25±0,06
Кількість магнію мг %	контроль	4,39±0,11	4,63±0,10	4,72±0,13	4,80±0,12
	інтенсивні		4,16±0,09*	3,97±0,08*	3,76±0,17*
	помірні		4,71±1,12	5,15±0,13*	5,59±0,15*
Кількість марганцю мг %	контроль	6,38±0,27	7,58±0,20	8,92±0,24	9,80±0,26
	інтенсивні		6,72±0,15*	6,15±0,16*	5,15±0,13*
	помірні		7,62±0,16	9,75±0,26*	12,55±0,27*

<i>Продовження таблиці А.4</i>					
Кількість міді мг %	контроль	29,60±0,78	29,66±0,91	29,95±0,78	30,18±0,80
	інтенсивні		34,47±0,93*	27,80±1,76	20,12±0,51*
	помірні		35,94±0,96*	35,95±1,00*	35,99±0,94*
Кількість цинку мг %	Контроль	387,18±9,37	402,54±7,81	439,75±10,77	448,17±10,80
	інтенсивні		410,13±18,12	341,15±10,14*	251,05±4,95*
	помірні		442,40±9,29*	500,20±13,41*	501,50±13,14*
Кількість заліза мг %	контроль	0,71±0,04	0,73±0,06	0,93±0,08	0,95±0,04
	інтенсивні		0,72±0,08	0,67±0,04*	0,60±0,05*
	помірні		0,78±0,10	0,93±0,12	1,06±0,02*
Кількість свинцю	контроль	3,42±0,09	3,49±0,08	4,72±0,12	4,84±0,13
	інтенсивні		3,36±0,17	3,24±0,09*	3,07±0,07*
	помірні		3,50±0,18	3,89±0,08*	4,51±0,12

Морфометрична характеристика та хімічний склад плечових кісток щурів зрілого віку в експерименті

Таблиця Б.1

**Остеометрична характеристика плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів самців зрілого віку в експерименті**

Зрілі тварини					
		140 днів	160 днів	180днів	200днів
Остеометрія		плечова			
Максимальна довжина кістки (мм)	контроль	24,84±1,64	24,85±0,84	26,04±1,70	26,20±0,67
	інтенсивні		25,09±1,53	26,21±0,99	26,30±1,57
	помірні		25,30±1,62	26,47±0,85	26,74±0,71
Ширина проксимального епіфіза (мм)	контроль	4,97±1,13	5,00±0,10	5,64±0,15	5,79±0,17
	інтенсивні		5,02±0,11	5,66±0,20	5,88±0,13
	помірні		5,03±0,18	5,68±0,11	5,83±0,14
Ширина дистального епіфіза (мм)	контроль	6,68±0,16	6,72±0,14	6,84±0,18	6,91±0,15
	інтенсивні		6,76±0,16	6,88±0,15	6,95±0,18
	помірні		6,77±0,29	6,89±0,21	7,06±0,16
Ширина середини діафіза (мм)	контроль	2,85±0,06	2,85±0,09	2,86±0,07	2,87±0,08
	інтенсивні		2,88±0,05	2,89±0,08	2,97±0,06
	помірні		2,88±0,06	2,89±0,04	2,88±0,10
Передньо задній розмір середини діафіза (мм)	контроль	3,69±0,09	3,74±0,10	3,84±0,12	3,86±0,10
	інтенсивні		3,77±0,09	3,84±0,14	3,87±0,18
	помірні		3,76±0,11	3,91±0,16	3,98±0,17

**Морфометрична характеристика хрящової пластинки та метафіза плечових кісток безпородних білих лабораторних-щурів самців зрілого віку в експерименті**

Зрілі тварини					
		140 днів	160 днів	180днів	200днів
Епіфіз		плечова			
Ширина епіфізарного хряща (мкм)	контроль	227,84±7,83	226,39±4,89	223,87±5,98	222,84±8,70
	інтенсивні		223,80±7,79	221,69±6,87	219,87±7,85
	помірні		225,40±5,50	222,70±4,65	221,80±6,92
Ширина зони проліферації (мкм)	контроль	149,67±3,83	148,83±4,00	147,36±4,04	147,16±3,76
	інтенсивні		147,63±3,94	146,01±4,06	145,57±3,79
	помірні		148,30±3,11	147,20±3,94	147,20±3,86
Ширина зони дефінітивного хряща (мкм)	контроль	93,34±3,55	93,34±2,22	92,65±2,00	92,65±2,34
	інтенсивні		93,28±4,54	92,77±3,48	92,73±2,43
	помірні		92,76±3,78	92,70±2,46	92,67±2,47
Об'єм загальної спонгіози %	контроль	28,10±0,74	27,38±0,66	26,85±0,71	26,95±0,70
	інтенсивні		27,07±0,59	26,47±0,73	26,21±1,58
	помірні		39,70±0,89*	40,05±0,84*	40,17±1,06*
Об'єм первинної спонгіози %	контроль	50,46±1,31	49,91±1,28	49,75±1,52	49,18±1,28
	інтенсивні		47,74±1,23	46,81±2,26	45,65±1,49
	помірні		49,89±1,06	49,28±1,32	49,09±1,36
Глиб. проник. хрящової канини в кістко- мозкову порожнину (мкм)	контроль	5,09±0,04	5,09±0,11	5,01±0,11	4,99±0,15
	інтенсивні		4,31±0,15*	4,25±0,10*	4,05±0,11*
	помірні		4,63±0,12*	4,09±0,13*	4,02±0,08*
Довжина трабекул первинної спонгіози (мкм)	контроль	491,24±20,58	492,21±18,63	491,39±13,12	491,24±12,58
	інтенсивні		481,82±10,12	479,69±12,71	467,21±20,09
	помірні		509,40±12,43	518,20±10,82	521,10±13,91
К-сть остеобластів первинної спонгіози. (шт)	контроль	33,77±0,86	35,15±0,95	34,18±0,94	33,77±0,71
	інтенсивні		32,05±0,86*	31,67±0,88	30,12±0,78*
	помірні		34,16±0,82	34,07±0,84	33,52±0,81

**Морфометрична характеристика діяфіза плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців зрілого віку в експерименті**

Зрілі тварини					
		140 днів	160 днів	180днів	200днів
Діафіз		плечова			
Ширина внутрішньо-оточуючих пластин мкм	контроль	86,06±0,51	83,08±1,98	83,04±1,79	82,83±2,12
	інтенсивні		97,12±2,64*	97,46±2,60*	98,05±2,57*
	помірні		82,80±3,48	82,73±1,19	82,70±3,21
Ширина зовнішньо-оточуючих пластин мкм	контроль	110,19±2,89	114,35±2,76	114,29±3,01	113,76±2,96
	інтенсивні		141,22±3,06*	146,05±4,00*	146,75±3,27*
	помірні		109,80±4,47	109,00±2,29	108,60±1,88
Ширина остеонного шару мкм	контроль	261,24±10,81	264,83±6,78	265,43±8,12	266,15±6,94
	інтенсивні		265,30±8,84	265,41±17,14	265,69±13,28
	помірні		285,70±6,09*	286,20±10,64	282,90±9,86
Площа діяфіза мм <sup>2</sup>	контроль	5,81±0,05	5,95±0,13	6,40±0,14	6,52±0,20
	інтенсивні		6,27±0,27	6,53±0,15	6,55±0,18
	помірні		6,53±0,08*	6,76±0,07*	7,19±0,19*
Площа кістково-мозкового каналу мм <sup>2</sup>	контроль	1,70±0,02	1,64±0,04	1,63±0,06	1,62±0,05
	інтенсивні		2,62±0,06*	2,63±0,07*	2,74±0,06*
	помірні		1,63±0,03	1,62±0,05	1,61±0,04
Діаметр остеона мкм	контроль	32,41±0,83	32,78±0,88	34,93±0,96	35,50±0,91
	інтенсивні		28,54±0,76*	27,61±0,77*	24,28±0,63*
	помірні		34,21±1,34	36,92±1,59	37,66±1,91
Діаметр каналу остеона мкм	контроль	15,57±0,38	14,87±0,36	14,59±0,37	15,57±0,34
	інтенсивні		22,98±0,55*	23,73±0,51*	24,22±0,62*
	помірні		14,84±0,70	14,59±0,59	15,59±1,11

Таблиця Б.4

**Показники вмісту неорганічних речовин та мікроелементів плечових кісток  
безпородних білих лабораторних щурів-самців зрілого віку в експерименті**

Зрілі тварини					
		140 днів	160 днів	180днів	200днів
Вміст води %	контроль	31,83±0,81	31,19±0,84	31,11±0,94	31,10±0,80
	інтенсивні		15,73±0,40*	15,10±0,46*	14,55±0,38*
	помірні		19,46±0,51*	20,34±0,55*	21,04±0,58*
Загальна кількість мінеральних речовин % на суху речовину	контроль	60,37±1,47	61,72±1,33	63,20±1,69	65,25±1,59
	інтенсивні		45,63±1,02*	44,83±0,95*	44,09±1,35*
	помірні		74,69±1,98*	74,70±1,96*	78,91±2,12*
Кількість кальцію % на попіл	контроль	31,28±0,84	35,40±0,92	36,51±0,98	37,89±1,02
	інтенсивні		18,32±0,40*	17,79±0,47*	17,49±0,45*
	помірні		35,85±1,75	37,91±1,24	39,56±1,85
Кількість фосфору % на попіл	контроль	17,03±0,45	17,87±0,55	17,88±0,47	18,48±0,49
	інтенсивні		9,75±0,26*	9,05±0,25*	8,40±0,21*
	помірні		19,16±0,51	19,27±0,54	12,90±0,34*
Кількість натрію % на попіл	контроль	2,74±0,05	2,75±0,06	3,37±0,06	3,38±0,04
	інтенсивні		1,66±0,03*	1,64±0,05*	1,65±0,04*
	помірні		2,92±0,07	3,53±0,03*	3,53±0,08
Кількість калію % на попіл	контроль	2,26±0,05	3,18±0,08	3,65±0,09	3,94±0,06
	інтенсивні		1,03±0,04*	1,01±0,06*	0,94±0,03*
	помірні		3,36±0,09	3,89±0,10	4,42±0,12*
Кількість магнію мг %	контроль	4,83±0,12	4,89±0,15	4,92±0,13	4,94±0,16
	інтенсивні		4,36±0,06*	2,79±0,07*	2,60±0,09*
	помірні		6,23±0,14*	6,32±0,17*	6,43±0,14*
Кількість марганцю мг %	контроль	9,97±0,26	10,75±0,29	11,16±0,34	12,90±0,33
	інтенсивні		9,73±0,12*	6,29±0,32*	4,22±0,11*
	помірні		12,66±0,33*	14,01±0,38*	15,46±0,42*
Кількість міді мг %	контроль	31,02±0,76	31,23±0,67	31,38±0,84	31,80±0,78
	інтенсивні		25,67±0,43*	19,11±0,41*	19,06±0,58*
	помірні		36,70±0,97*	36,83±0,96*	36,98±0,99*

<i>Продовження таблиці Б.4.</i>					
Кількість цинку мг %	контроль	462,42±12,39	476,65±12,42	476,80±12,78	476,65±13,84
	інтенсивні		453,38±11,87	230,93±6,17*	232,66±5,91*
	помірні		503,10±10,57	508,90±13,49	503,10±12,15*
Кількість заліза мг %	контроль	0,96±0,03	0,97±0,02	1,47±0,04	0,97±0,05
	інтенсивні		0,83±0,04*	0,41±0,06*	0,57±0,08*
	помірні		1,07±0,08	1,64±0,05*	1,07±0,06*
Кількість свинцю	контроль	4,93±0,02	5,25±0,10	5,28±0,13	5,25±0,15
	інтенсивні		4,06±0,07*	2,92±0,10*	2,98±0,06*
	помірні		5,49±0,09	5,50±0,14	5,49±0,16

Морфометрична характеристика та хімічний склад плечових кісток щурів з вираженими старечими змінами в експерименті

Таблиця В.1

**Остеометрична характеристика плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців з вираженими старечими змінами в експерименті**

Старечі тварини					
		560днів	580 днів	600днів	620днів
Остеометрія		плечова			
Максимальна довжина кістки (мм)	контроль	28,10±0,09	28,52±0,55	28,59±1,61	28,63±0,72
	інтенсивні		28,54±1,31	28,58±0,98	28,62±1,75
	помірні		28,71±1,27	28,81±1,16	28,86±0,83
Ширина проксимального епіфіза (мм)	контроль	5,90±0,15	6,54±0,16	6,59±0,17	6,63±0,14
	інтенсивні		6,56±0,19	6,56±0,15	6,60±0,13
	помірні		6,58±0,14	6,63±0,12	6,67±0,16
Ширина дистального епіфіза (мм)	контроль	7,03±0,14	7,78±0,15	6,79±0,16	6,80±0,17
	інтенсивні		7,79±0,18	6,80±0,15	6,79±0,16
	помірні		7,81±0,19	7,81±0,20*	7,90±0,13*
Ширина середини діафіза (мм)	контроль	2,94±0,05	3,04±0,09	3,05±0,08	3,07±0,10
	інтенсивні		3,04±0,16	3,05±0,14	3,07±0,13
	помірні		3,05±0,18	3,06±0,17	3,08±0,08
Передньо задній розмір середини діафіза (мм)	контроль	3,94±0,09	4,05±0,12	4,09±0,08	4,11±0,14
	інтенсивні		4,06±0,10	4,08±0,10	4,09±0,09
	помірні		4,07±0,14	4,11±0,07	4,13±0,13



**Морфометрична характеристика хрящової пластинки та метафіза плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців з вираженими старечими змінами в експерименті**

Старечі тварини					
		560днів	580 днів	600днів	620днів
Епіфіз		плечова			
Ширина епіфізарного хряща (мкм)	контроль	221,65±10,67	218,11±9,57	217,24±10,56	217,22±6,76
	інтенсивні		217,63±8,27	216,56±12,61	216,37±9,51
	помірні		218,90±7,18	218,10±11,28	217,90±5,41
Ширина зони проліферації (мкм)	контроль	146,88±3,83	146,76±3,92	146,69±4,08	143,99±3,75
	інтенсивні		143,72±0,44	143,55±2,78	140,76±3,35
	помірні		147,20±3,49	147,20±3,53	144,40±3,45
Ширина зони дефінітивного хряща (мкм)	контроль	92,64±2,20	92,64±2,26	92,25±2,22	91,41±0,29
	інтенсивні		92,70±1,79	92,31±1,78	91,50±2,19
	помірні		92,51±1,94	92,16±2,47	90,83±2,38
Об'єм загальної спонгіози %	контроль	26,95±0,16	21,54±0,51	21,40±0,46	20,53±0,53
	інтенсивні		20,42±0,56	20,39±0,54	19,18±0,50
	помірні		31,27±1,22*	32,51±1,08*	35,73±1,09*
Об'єм первинної спонгіози %	контроль	48,79±1,28	46,77±1,13	46,28±0,76	46,11±0,75
	інтенсивні		44,48±0,97	36,88±0,74*	36,35±0,59*
	помірні		48,83±1,05	49,53±0,61*	52,75±0,76*
Глиб. проник. хрящової канини в кістко- мозкову порожнину (мкм)	контроль	5,07±0,13	4,28±0,11	5,03±0,15	4,94±0,13
	інтенсивні		3,83±0,10*	3,24±0,09*	3,21±0,07*
	помірні		4,33±0,08	5,17±0,10	5,63±0,09*
Довжина трабекул первинної спонгіози (мкм)	контроль	486,18±3,99	482,51±10,76	479,87±10,22	417,83±12,79
	інтенсивні		457,54±12,12	451,23±11,82	400,90±10,78
	помірні		533,10±13,64*	570,60±15,24*	599,00±15,99*
К-сть остеобластів первинної спонгіози. (шт)	контроль	33,89±0,87	33,65±0,73	33,01±0,88	32,56±0,83
	інтенсивні		27,48±0,62*	24,83±0,76*	19,14±0,61*
	помірні		33,71±1,80	34,12±1,67	36,55±0,84*

Таблиця В.3

**Морфометрична характеристика діафіза плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців з вираженими старечими змінами в експерименті**

Старечі тварини					
		560днів	580 днів	600днів	620днів
Діафіз		плечова			
Ширина внутрішньо-оточуючих пластин мкм	контроль	82,61±2,49	79,37±1,67	79,02±2,12	71,80±1,88
	інтенсивні		98,10±2,39*	99,96±2,56*	99,99±2,17*
	помірні		79,21±1,89	78,73±1,70	67,38±1,72
Ширина зовнішньо-оточуючих пластин мкм	контроль	113,64±3,05	107,40±3,22	107,13±2,84	106,69±2,85
	інтенсивні		108,28±4,46	108,86±3,81	139,02±3,95*
	помірні		105,10±3,53	106,10±4,86	103,80±4,70
Ширина остеонного шару мкм	контроль	268,09±18,25	269,26±9,17	250,84±5,96	253,89±4,87
	інтенсивні		246,54±11,12	223,56±9,41*	213,89±6,96*
	помірні		283,60±8,87	284,00±5,51*	284,70±6,78*
Площа діафіза мм <sup>2</sup>	контроль	8,72±0,21	8,81±0,18	8,82±0,24	8,93±0,16
	інтенсивні		8,72±0,22	8,04±0,21*	7,41±0,03*
	помірні		8,92±0,15	8,94±0,17	9,14±0,22
Площа кістково-мозкового каналу мм <sup>2</sup>	контроль	1,60±0,04	1,56±0,06	1,28±0,03	1,13±0,02
	інтенсивні		1,61±0,07*	1,63±0,07*	1,68±0,09*
	помірні		1,55±0,04	1,28±0,09	1,11±0,05
Діаметр остеона мкм	контроль	36,25±0,93	36,85±1,11	37,39±0,96	37,82±1,00
	інтенсивні		30,81±0,57*	29,24±0,61*	28,51±0,65*
	помірні		37,95±0,82	38,19±1,05	38,45±0,86
Діаметр каналу остеона мкм	контроль	15,51±0,40	15,47±0,41	15,37±0,46	15,48±0,40
	інтенсивні		18,49±0,71*	20,43±0,78*	21,81±0,67*
	помірні		14,25±0,67	13,41±0,36*	13,21±0,32*

**Показники вмісту неорганічних речовин та мікроелементів плечових кісток безпородних білих лабораторних щурів-самців з вираженими старечими змінами в експерименті**

Старечі тварини					
		560днів	580 днів	600днів	620днів
		плечова			
Вміст води %	Контроль	30,04±0,77	29,95±0,65	29,73±0,79	28,36±0,73
	інтенсивні		22,01±0,29*	20,63±0,36*	18,81±0,28*
	помірні		29,99±1,73	30,01±0,63	30,39±1,41
Загальна кількість мінеральних речовин % на суху речовину	контроль	67,64±1,73	68,22±1,84	69,08±1,89	69,86±1,79
	інтенсивні		63,72±1,17*	53,32±1,20*	49,57±1,11*
	помірні		79,16±1,92*	79,27±1,93*	83,46±1,26*
Кількість кальцію % на попіл	контроль	40,39±0,98	40,59±0,97	41,66±0,99	43,17±1,07
	інтенсивні		36,77±0,35*	31,71±0,45*	30,04±0,42*
	помірні		41,08±1,00	43,81±1,12	46,46±1,01*
Кількість фосфору % на попіл	контроль	21,03±0,56	21,25±0,58	21,47±0,57	22,96±0,60
	інтенсивні		18,09±0,24*	17,96±0,21*	14,85±0,21*
	помірні		21,36±0,64	22,42±0,57	24,85±0,43*
Кількість натрію % на попіл	контроль	3,46±0,08	3,67±0,09	3,72±0,07	3,73±0,11
	інтенсивні		3,19±0,03*	2,95±0,03*	2,38±0,02*
	помірні		3,97±0,10*	4,10±0,08*	4,16±0,04*
Кількість калію % на попіл	контроль	4,03±0,07	4,69±0,09	4,73±0,12	4,84±0,10
	інтенсивні		4,59±0,06	3,87±0,11*	3,47±0,05*
	помірні		4,95±0,10	5,15±0,13*	5,25±0,12*
Кількість магнію мг %	контроль	5,03±0,12	5,29±0,13	5,53±0,19	5,61±0,14
	інтенсивні		4,54±0,05*	4,58±0,09*	4,04±0,11*
	помірні		6,23±0,08*	6,86±0,13*	6,95±0,18*
Кількість марганцю мг %	контроль	16,71±0,40	17,02±0,41	18,02±0,44	18,09±0,36
	інтенсивні		13,68±0,07*	13,62±0,09*	12,65±0,12*
	помірні		17,77±0,65	18,97±0,46	19,84±0,59*

## Продовження таблиці В.4.

Кількість міді мг %	контроль	37,62±0,90	37,79±0,74	37,92±0,86	38,15±0,92
	інтенсивні		32,73±0,38*	26,63±0,22*	19,42±0,44*
	помірні		40,42±0,99	43,36±1,03*	45,43±1,09*
Кількість цинку мг %	контроль	764,77±14,76	764,97±14,99	815,01±19,89	879,10±16,44
	інтенсивні		568,57±4,39*	476,16±4,40*	428,08±5,57*
	помірні		826,80±19,93*	913,70±23,85*	997,20±24,93*
Кількість заліза мг %	контроль	2,37±0,06	2,52±0,05	2,56±0,04	2,62±0,07
	інтенсивні		2,26±0,07*	1,34±0,10*	1,22±0,05*
	помірні		2,64±0,18	2,71±0,03*	2,80±0,04*
Кількість свинцю	контроль	9,28±0,24	9,63±0,26	10,01±0,28	9,77±0,25
	інтенсивні		9,19±0,01	8,31±0,05*	7,45±0,07*
	помірні		9,68±0,33	9,82±0,24	9,94±0,16*

“Затверджую”  
 проректор з науково-педагогічної роботи  
 Запорізького державного  
 медичного університету  
 д. мед. н., професор Візир В. А.  
 ” 2008 р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** “Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті”.
2. **Установа, автор:** Тернопільський державний медичний університет, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна.
3. **Джерела інформації:** Інформаційний лист за матеріалами кандидатської дисертації.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра анатомії людини Запорізького державного медичного університету.
5. **Форма впровадження:** у матеріали лекцій та практичних занять з анатомії людини, а також в наукову роботу кафедри.
6. **Ефект від впровадження:** поглиблення знань студентів з питань структурних змін у плечовій кістці за динамічних помірних та інтенсивних фізичних навантажень у віковому аспекті.
7. **Термін впровадження:** 2007-2008 навч. рік.
8. **Зауваження та пропозиції:** \_\_\_\_\_

Пропозиція обговорена і затверджена на методичній нараді кафедри  
 (протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2008 р.)

Звідувач кафедри анатомії людини  
 Запорізького державного  
 медичного університету  
 д. мед. н., професор

Волошин М. А.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Перший проректор**  
**Сумського державного**  
**університету**



В.Д. Карпуша

7 грудня 2007 г.

### **АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

1. **Пропозиція для впровадження:** "Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті"
2. **Установа-розробник:** Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, кафедра анатомії людини.
3. **Автор** – старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна
4. **Джерело інформації:** матеріали кандидатської дисертації.
5. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра анатомії людини медичного інституту СумДУ.
6. **Строки впровадження:** січень – березень 2008 р.
7. **Форма впровадження:** в учбово-педагогічний процес - у матеріали лекцій та практичних занять з нормальної анатомії людини, а також в наукову роботу кафедри.

Завідувач кафедри  
 анатомії людини,  
 д.мед.н., професор

**В.З. Сікора**

„Затверджую”

Проректор з навчальної роботи  
Дніпропетровської державної  
медичної академії

„ 9 ” „ 15.03 ” 2007 р.




### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** „Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті”.
2. **Установа, автор:** Тернопільський державний медичний університет, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна
3. **Джерела інформації:** Інформаційний лист за матеріалами кандидатської дисертації
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра анатомії людини Дніпропетровської державної медичної академії.
5. **Форма впровадження:** у матеріали лекцій та практичних занять з анатомії людини, а також в наукову роботу кафедри.
6. **Ефект від впровадження:** поглиблення знань студентів з питань структурних змін у плечовій кістці за динамічних помірних та інтенсивних фізичних навантажень у віковому аспекті.
7. **Термін впровадження:** 2006-2007 навч. рік.
8. **Зауваження та пропозиції:** \_\_\_\_\_

Пропозиція обговорена і затверджена на методичній нараді кафедри  
( протокол № 9 від 15.03 2007р.).

Завідувач кафедри анатомії людини  
Дніпропетровської державної  
медичної академії  
д. мед. н., професор

 Козлов В.О.

«Затверджую»  
 Проректор з наукової роботи  
 Кримського державного  
 медичного університету  
 ім. С. І. Георгієвського  
 професор А. В. Кубишкін  
 «14» «жовтня» 2008 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** «Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті».
2. **Установа, автор:** Тернопільський державний медичний університет, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна.
3. **Джерела інформації:** Інформаційний лист з матеріалами кандидатської дисертації.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра анатомії людини Кримського державного медичного університету ім. С. І. Георгієвського.
5. **Форма впровадження:** у матеріали лекцій та практичних занять з анатомії людини, а також з наукову роботу кафедри.
6. **Ефект від впровадження:** Поглиблення знань студентів з питань структурних змін у плечовій кістці за динамічних помірних та інтенсивних фізичних навантажень у віковому аспекті.
7. **Термін впровадження:** 2006 – 2007 навч. рік.
8. **Зауваження та пропозиції:** \_\_\_\_\_

Пропозиція обговорена і затверджена на методичній нараді кафедри (протокол № 12 від 14 жовтня 2008 р.).

Завідувач кафедри анатомії людини  
 Кримського державного  
 медичного університету  
 ім. С. І. Георгієвського  
 д. мед. н., професор

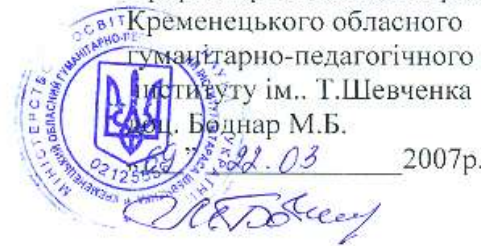


Пикалюк В. С.



„Затверджую”

Проректор з навчальної роботи



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** „Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті”.
2. **Установа, автор:** Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я.Горбачевського, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна.
3. **Джерела інформації:** Інформаційний лист за матеріалами кандидатської дисертації.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра теорії і методики фізичного виховання Кременецького обласного гуманітарно-педагогічного інституту ім. Т.Шевченка.
5. **Форма впровадження:** у матеріали лекцій та практичних занять з фізичного виховання, анатомії людини а також у наукову роботу кафедри.
6. **Ефект від впровадження:** поглиблення знань студентів і науковців про структурні зміни у плечовій кістці за динамічних помірних та інтенсивних фізичних навантажень у віковому аспекті.
7. **Термін впровадження:** 2006-2007 навчальний рік.
8. **Зауваження та пропозиції:** \_\_\_\_\_

Пропозиція обговорена і затверджена на методичній нараді кафедри ( протокол № 11 від 21 березня 2007р.

Завідувач кафедри  
теорії і методики  
фізичного виховання  
к.б.н. доцент

Довгань О.М.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** „Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті”.
2. **Установа, автор:** Тернопільський державний медичний університет, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна.
3. **Джерела інформації:** матеріали кандидатської дисертації.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра анатомії людини Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського.
5. **Форма впровадження:** матеріали лекцій та практичних занять з анатомії людини, а також наукова робота кафедри.
6. **Ефект від впровадження:** поглиблення знань студентів з питань структурних змін у плечовій кістці при різних режимах рухової активності у віковому аспекті.
7. **Термін впровадження:** 2006-2007 навч. рік.
8. **Зауваження та пропозиції:** зауважень немає

Пропозиція обговорена і затверджена на методичній нараді кафедри ( протокол № 5 від 28.11 2007р.).

Завідувач кафедри  
анатомії людини  
д. мед. н., професор

І.Е. Гересимюк



Затверджують

Проректор з навчальної роботи  
Тернопільського державного  
медичного університету  
імені І.Я. Горбачевського  
професор

І.Р. Мисула

7. 12 2007 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** „Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті”.
2. **Установа, автор:** Тернопільський державний медичний університет, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна
3. **Джерела інформації:** інформаційний лист за матеріалами кандидатської дисертації
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра паталогічної анатомії з секційним курсом та судової медицини Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського.
5. **Форма впровадження:** у матеріали лекцій та практичних занять з паталогічної анатомії, а також в наукову роботу кафедри.
6. **Ефект від впровадження:** поглиблення знань студентів з питань структурних змін у плечовій кістці при різних режимах рухової активності у віковому аспекті.
7. **Термін впровадження:** 2006-2007 навч. рік.
8. **Зауваження та пропозиції:** зауважень немає

Пропозиція обговорена і затверджена на методичній нараді кафедри  
( протокол № 5 від 7 лютого 2007р.).

Завідувач кафедри паралогічної анатомії  
з секційним курсом та судової медицини,  
д. мед. н., професор

Бондар Я.Я.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з наукової роботи  
Ужгородського національного університету

д.ф-м.н., професор І.П. Іденяк

“ 22 ”

01

2008 р.



### АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції про впровадження:** “Морфофункціональна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті”.
2. **Установа розробник, автор:** Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я.Горбачевського, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна.
3. **Джерело інформації:** матеріали кандидатської дисертації
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра анатомії людини та гістології медичного факультету Ужгородського національного університету.
5. **Терміни впровадження:** вересень-жовтень 2007 р
6. **Форма впровадження:** У матеріали лекцій та практичних занять з анатомії людини для студентів, а також в наукову роботу кафедри.

Завідувач кафедри анатомії людини  
та гістології медичного факультету  
Ужгородського національного університету,  
доктор медичних наук, професор,  
Заслужений працівник освіти України

А.С. Головацький.

22 січня 2008 р.

«Затверджую»

Проректор з навчальної роботи  
Тернопільського національного  
економічного університету  
професор Луців Б.Л.  
«10» 2007р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** «Морфологічна характеристика довгих кісток при різних режимах рухової активності у віковому аспекті».
2. **Установа, автор:** Тернопільський державний медичний університет, кафедра анатомії людини, старший лаборант кафедри фармакогнозії з медичною ботанікою Давибіда Наталія Олегівна.
3. **Джерела інформації:** Інформаційний лист за матеріалами кандидатської дисертації.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Кафедра фізичної культури Тернопільського національного економічного університету.
5. **Форма впровадження:** У матеріали лекцій та практичних занять з фізичного виховання, а також в наукову роботу кафедри.
6. **Ефект від впровадження:** Поглиблення знань студентів з питань структурних змін у плечовій кістці за динамічних помірних та інтенсивних фізичних навантажень у віковому аспекті.
7. **Термін впровадження:** 2006-2007 н. рік.
8. **Зауваження та пропозиції:** зауважень немає

Пропозиція обговорена і затверджена на методичній нараді кафедри (протокол № 4 від 9.10 2007 р.)

Тимчасово виконуючий  
обов'язки завідувача кафедри  
фізичної культури  
Тернопільського національного  
економічного університету  
старший викладач

Маляр Е.І.