

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

На правах рукопису

Шепєлев Анатолій Єгорович

УДК 611.718.5.018: [613.65+613.63+614.875]

**ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА БУДОВУ ТА ФОРМУВАННЯ
ДОВГИХ КІСТОК В УМОВАХ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
І СОЛЕЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**

14.03.01 – нормальна анатомія

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук

Науковий керівник

Сікора Віталій Зіновійович,

доктор медичних наук, професор

Суми – 2008

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	4
Вступ	5
Розділ 1. Огляд літератури	10
1.1. Морфофункціональна характеристика кісткової системи	10
1.2. Вплив на кістки скелета різних режимів рухової активності	21
Розділ 2. Матеріали та методи дослідження	31
Розділ 3. Результати власних досліджень та їх обговорення	36
3.1. Ріст і формоутворення кісток контрольної серії тварин	36
3.1.1 Морфологічна характеристика довгих кісток інтактних тварин	36
3.1.2. Ріст і формоутворення кісток нетренованих тварин, які знаходились в умовах несприятливих екологічних чинників Сумщини (контрольні)	40
3.2. Морфологічні зміни довгих кісток експериментальної серії тварин, які перебували в умовах екології Ямпільського району Сумської області	43
3.2.1. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних динамічних навантажень, опромінення і вживання солей цинку та міді	43
3.2.2. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних динамічних навантажень, опромінення і вживання солей цинку та міді	47
3.2.3. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних статичних навантажень, опромінення і вживання солей цинку та міді	51
3.2.4. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних статичних навантажень, опромінення і вживання солей цинку та міді	55
3.3. Морфологічні зміни в довгих кістках експериментальної серії тварин, які перебували в умовах екології Середино – Будського району Сумської області	60

3.3.1. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних динамічних навантажень, опромінення і вживання солей марганцю, свинцю та міді	60
3.3.2. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних динамічних навантажень, опромінення і вживання солей марганцю, свинцю та міді	64
3.3.3. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних статичних навантажень, опромінення і вживання солей марганцю, свинцю та міді	68
3.3.4. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних статичних навантажень, опромінення і вживання солей марганцю, свинцю та міді	72
3.4. Морфологічні зміни в довгих кістках експериментальної серії тварин, які перебували в умовах регіону Шосткинського району Сумської області ...	78
3.4.1. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних динамічних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю	78
3.4.2. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних динамічних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю	81
3.4.3. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних статичних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю	86
3.4.4. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних статичних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю	90
Розділ 4. Аналіз та узагальнення результатів дослідження	96
Висновки	119
Список використаних джерел	120
Додатки	147

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДФН – динамічні фізичні навантаження

ІДФН – інтенсивні динамічні фізичні навантаження

ІСФН – інтенсивні статичні фізичні навантаження

МЩКТ – мінеральна щільність кісткової тканини

ОБ – остеобласти

ОК – остеокласти

ОЦ – остеоцити

ПДФН – помірні динамічні фізичні навантаження

ПСФН – помірні статичні фізичні навантаження

СН – статичні навантаження

ФН – фізичні навантаження

R – іонізуюче опромінення дозою 0,2 Гр

(R+Ся) – група тварин, що знаходилась в умовах екології Ямпільського району

(R+Ссб) – група тварин, що знаходилась в умовах екології Середино – Будського району

(R+Сш) – група тварин, що знаходилась в умовах екології Шосткинського району

ВСТУП

Актуальність теми. Важливий фактор, який характеризує життя нового тисячоліття, – боротьба за здоров'я в умовах забрудненого зовнішнього середовища, постійного стресу, гіпокінезії. Панацеєю від усіх захворювань у XXI столітті є здоровий спосіб життя, який не можливий без активних занять фізичними вправами [35,82,98,149,151].

Після аналізу практичних, методичних та експериментальних робіт можна стверджувати, що без достатньої рухової активності розвиток організму та його повноцінне життя неможливі. Працями багатьох вчених: [13,98], які спиралися на думки П.Ф. Лесгафта, І.М. Сеченова, І.П. Павлова, доведено, що рухова активність для збереження повноцінного життя та міцного здоров'я вкрай необхідна. Обмеження рухових навантажень в умовах забрудненого навколишнього середовища суперечить біологічним традиціям організму, призводить до деградації та погіршення здоров'я [94], зокрема збільшення патології опорно – рухового апарату [35,83].

Базуючись на умовно-рефлекторних механізмах, активна м'язова діяльність стимулює розвиток скелета [37,168] та удосконалює і координує роботу центральної нервової системи (як нейрогенної, так і гормонально - гуморальної ланок керування адаптаційними процесами), кровопостачання та інших систем організму як на регіональному, так і на тканинно-клітинному рівнях [10].

Використання кісткової тканини в якості модельного об'єкта морфологічних досліджень вважається досить вдалим [43], оскільки вона володіє високою обмінною функцією, реактивністю та лабільністю [1,71]. В кістковому матриксі депонуються основні макро – та мікроелементи, здатні до звільнення при потребі в них організму. Вміст останніх може змінюватися при фізичних навантаженнях. Кістковий мозок, що вміщується в довгих кістках скелета, є регулятором клітинного складу крові і реагує на зміни функціонування кісток [58]. Пошкодження скелета викликає низку локальних та загальних реакцій, які мають суттєві наслідки для всього організму.

Розуміння процесів, що проходять в опорно – руховому апараті під впливом фізичних навантажень в умовах несприятливих екологічних чинників, дозволить тренерам і педагогам із фізвиховання підійти до питань управління та коригування процесами росту та формоутворення скелета молодих людей та провести профілактично - лікувальні заходи щодо покращення структурно - функціонального стану кісткової тканини людей, які займаються фізичною культурою або мають подібні професійні особливості.

Питанню впливу фізичних навантажень на ріст кісток присвячена велика кількість робіт. Більшість дослідів проводилися на тваринах [13,24,26,100,167], де констатували стимулюючий вплив підвищеного фізичного навантаження на ріст кісток у довжину в умовах експерименту [16].

При вивченні даних літератури ми не знайшли інформації про вплив на скелет комбінованої дії іонізуючого випромінювання та солей важких металів на тлі фізичних навантажень на кісткову систему.

Враховуючи зниження адаптаційних можливостей організмів, що проживають на забруднених територіях України, актуальним стає вивчення морфологічних проявів дії фізичних навантажень різної інтенсивності на фоні комбінованого впливу екологічних чинників, що і стало метою даного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до плану наукових досліджень Медичного інституту Сумського державного університету і є частиною держбюджетної теми “Морфологічні зміни у внутрішніх органах під впливом несприятливих факторів зовнішнього середовища Сумщини і шляхи їх корекції”, № державної реєстрації 0103U000774. В її виконанні автор провів дослідження стосовно впливу фізичних навантажень на будову та формування довгих кісток в умовах іонізуючого випромінювання і солей важких металів. Тема затверджена проблемною комісією "Морфологія людини" МОЗ і АМН України (протокол № 74 від 21 вересня 2006 року).

Мета дослідження. З'ясувати закономірності структурно – метаболічних перетворень у кістковій системі за різних режимів рухової активності в умовах комбінованої дії іонізуючого випромінювання і солей важких металів.

Задачі дослідження.

1. Визначити закономірності росту та формоутворення довгих трубчастих кісток інтактних тварин.

2. З'ясувати ріст і будову, хімічний склад довгих кісток нетренованих тварин в умовах впливу опромінення і солей важких металів з метою зіставлення отриманих результатів експерименту.

3. Встановити характер структурних змін кісток під впливом іонізуючого випромінювання та солей важких металів в комбінації з фізичними навантаженнями.

4. Вивчити хімічний склад довгих трубчастих кісток в умовах дії екологічних чинників на тлі фізичних навантажень різного виду та інтенсивності.

Об'єкт дослідження – морфогенез довгих кісток скелета під впливом іонізуючого випромінювання, солей важких металів і фізичного навантаження.

Предмет дослідження – структура і хімічний склад стегнової, великогомілкової і плечової кісток тварин при комбінованому впливі іонізуючого випромінювання і солей важких металів на тлі фізичних навантажень різного виду й інтенсивності.

Методи дослідження: - фізичне навантаження в третбані; остеометричний – для визначення ростової активності кісток; гістоморфометрія – вивчення структури діафізів і наросткових хрящів довгих трубчастих кісток; кількісний хімічний аналіз – метод атомної спектрофотометрії для визначення мінерального складу кісток; математичний – визначення достовірності цифрових показників.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше в умовах експерименту з'ясовано морфогенез і формоутворення моделі скелета в умовах впливу на організм щурів опромінення і солей важких металів в комбінації з фізичними навантаженнями. За допомогою адекватних морфологічних методів дослідження надані нові дані про зміни росту, структури і хімічного складу кісток при дії навантажень і несприятливих екологічних чинників. Експериментально доведено, що помірні фізичні навантаження частково нівелюють шкідливий вплив екологічних чинників. Виявлено, що інтенсивні статичні та динамічні навантаження у комплексі з дією екзогенних факторів середовища підсилюють несприятливі зміни довгих

кістках скелета.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані дані поглиблюють і доповнюють відомості про структурно – метаболічні особливості перетворень кісткової системи щурів під впливом фізичних навантажень, опромінення та солей важких металів. Отримані дані є теоретичною основою для розробки критерія прогнозування змін у скелеті за різних режимів рухової активності в умовах несприятливих екологічних чинників, що необхідно для вирішення проблеми управління цими процесами за допомогою дозованого м'язового навантаження.

Результати експериментальних досліджень впроваджені в навчальний процес кафедрах анатомії людини Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського, Запорізького державного медичного університету; Кримського державного медичного університету імені С.І. Георгієвського; Дніпропетровської державної медичної академії; кафедри анатомії людини та гістології Ужгородського національного університету; кафедри топографічної анатомії та оперативної хірургії Буковинського державного медичного університету; кафедри хімії Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка.

Особистий внесок дисертанта. Дисертантом здійснений інформаційний пошук літературних даних, самостійно проведені експериментальні дослідження, статистичне опрацювання результатів та їх аналіз. Автором написано всі розділи дисертації, проведено узагальнення результатів, сформульовано висновки. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, викладені дані автора, отримані ним особисто при виконанні досліджень. У частині актів впровадження, що стосується науково – практичної новизни, викладені дані дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали дисертації оприлюднені на восьмій міжнародній науковій конференції "Молода спортивна наука України" (Львів, 26 – 27 березня 2004р.), Всеукраїнській науковій конференції "Актуальні питання клінічної анатомії та оперативної хірургії" (Чернівці, 11 – 13 жовтня 2004р.), V Всеукраїнській науково – практичній конференції "Сучасні проблеми фізичного виховання і спорту школярів та студентів України" (Суми, 21 –

22 квітня 2005р.), III Всеукраїнській науково – практичній конференції “Сучасні проблеми клінічної та теоретичної медицини” (Суми, 2004р.), Міжнародної науково – практичній конференції “Сучасні проблеми клінічної та теоретичної медицини” (Суми, 2005р, 2007р.), Всеукраїнській науково – практичній конференції "Сучасні проблеми морфології" (Полтава, 18 – 20 травня 2006р.)

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи відображений у 16 наукових працях, з яких 9 – у фахових наукових виданнях рекомендованих ВАК України, 1 – в науковому журналі, 6 – у матеріалах конференції. З них 11 наукових праць опубліковано одноосібно.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Морфофункціональна характеристика кісткової системи

Завдяки дослідям школи В.Г. Ковешнікова, уявлення про кістку як про статичний орган змінилися знаннями динамічної та активно діючої тканини, яка здійснює поряд із опорною і захисно – механічною цілу низку інших життєво важливих функцій. До останніх відноситься, зокрема, метаболічна, пов'язана з участю кістяка в регуляції водно - мінерального обміну й гомеостазу Са [61,104, 105,194,213].

Структурну основу кістки становить кісткова тканина, яка є похідним мезенхіми. Кісткова тканина – спеціалізований різновид сполучної тканини з мінералізованою міжклітинною речовиною, яка має інтенсивний обмін речовин, вираженою лабільністю і пластичністю, яка може рости, перебудовуватися і постійно відновлюватися, реагує на всі зміни як внутрішнього, так і зовнішнього середовища [1,67,77].

Розрізняють 2 види кісткової тканини: грубоволокнисту (незрілу) і пластинчасту (тонковолокнисту) [71,85,206]. Макроскопічно виділяють губчасту і компактну речовини, які мають подібний склад і структуру матриксу, але різняться своєю щільністю. Грубоволокниста кісткова тканина спостерігається, переважно, в ембріональному, плацентарному і ранньому постнатальному періодах. Для неї характерна наявність колагенових волокон у вигляді товстих пучків, які лежать паралельно чи в різних напрямках, утворюючи при цьому особливу сітчасту структуру [176]. У процесі формування кісток маса незрілої кісткової тканини поступово зменшується, однак незначна її кількість зберігається в місцях прикріплення зв'язок. Зріла пластинчаста кісткова тканина – основа губчастої і компактної речовин, співвідношення яких становить 1:4 [206].

У компактній речовині кісткові пластинки, накладаючись одна на одну, утворюють ряд кісткових циліндрів, уставлених один в інший, утворюючи остеон-структурну одиницю кістки. Кісткові пластини складаються із кісткових клітин та

основної речовини, утвореної колагеновими волокнами та остеїном. Канали остеонів утворюють складну систему, в якій знаходяться кровоносні судини та нерви. Проміжки між остеонами заповнені вставними /інтерстиціальними/ кістковими пластинками, які утворюються із решток резорбуючих остеонів [176].

У губчастій речовині кісткові пластинки утворюють трабекули. Трабекули складаються зі структурних одиниць-пакетів. Вони розмежовані один від одного лініями цементації. Коли трабекули знаходяться на поверхні кісткової тканини, вони мають назву "кісткових мультиклітинних одиниць". Кісткові мультиклітинні одиниці й пакети знаходяться на внутрішній поверхні компактного шару і, таким чином, складають трабекулярну кістку. Трабекула не має кровоносних судин і з цієї причини живиться з поверхні [206].

Як і будь – яка тканина, кісткова складається із клітин і міжклітинної речовини, які функціонують у взаємозв'язку та взаємодії. Провідними регуляторами в цій системі виступають кісткові клітини [201], які характеризуються специфічною структурою і функцією. Серед них виділяють 3 групи: остеобласти, остецити, остеокласти [218,243].

Остеобласти (ОБ) – це немігруючі і неподільні кісткоутворюючі клітини округлої форми діаметром 20-30 мкм з ексцентрично розташованим ядром, великою площею цитоплазми, мають відростки [176,199,202,221,229]. Термін активного життя остеобластів складає 10-20 діб [211,241]. Походження ОБ зі стромальних клітин кісткового мозку вважається встановленим [175]. Ще Roberts W.E. та Morey E.R. [249] показали, що диференціювання ОБ може проходити в 5 стадій, що займає близько 60 годин. Активні ОБ формують остеїдні пластинки кісткової речовини, яка щойно утворилася, шляхом відкладення колагенових волокон і основної речовини (протеогліканів). За даними Evansa [221], 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, що формується, приблизно 300 - 400 таких клітин) у зазначений термін синтезують кісткову речовину, що дорівнює 100 їхнім обсягам.

У літературі є відомості [134], що залежно від інтенсивності остеобластичного процесу остеобласти мають різні структурно - функціональні характеристики, що обумовлено асинхронністю перебігу в них процесів специфічних біосинтезів. У зонах неактивного остеогенезу асинхронність процесів специфічного біосинтезу не виражена і структура остеобластів відносно однорідна. Диференціювання остеогенних клітин у поверхневих шарах манжетки, тобто тих, які знаходяться вище кістки, відбувається без кровоносних судин і має тенденцію перетворюватися в хондроцити [176]. Характерною ознакою остеобластів є інтенсивний розвиток гранулярної ендоплазматичної сітки, мітохондрій, комплексу Гольджі. В наш час вважають, що остеобласти, як основні елементи первинної кістки, формуються за рахунок внутрішнього шару охрястя й окістя [198].

Залежно від інтенсивності остеобластичного процесу в різних зонах кістки, яка росте, популяції остеобластів неоднорідні: різняться за будовою, рівнем біосинтетичної активності, топографічним взаємовідношенням і зоною мінералізації. У зв'язку з цим Родіоною Н.В. [134] виділено 4 типи остеобластів. ОБ I типу (молоді) – найбільша їх кількість знаходиться на поверхні мінералізованих хрящових трабекул в епіфізах і метафізах. ОБ II типу (зрілі функціонально активні остеобласти) розміщуються на кісткових трабекулах метафізу в зонах активного остеопоезу. ОБ III типу (гіпертрофовані остеобласти або клітини депо колагену) є тільки в зонах активного остеопоезу. В зонах згасання остеобластичного процесу в метафізі, а також в ендості кістки, яка росте, знаходяться неактивні стосовно специфічного біосинтезу остеобласти. IV тип – клітини у стані спокою. ОБ секретують більшість компонентів органічного кісткового матриксу – колаген I типу, лужну фосфатазу, остеокальцин, остеопонтин, тромбосподин, остеонектин, колагеназу та інші [84,118,208,252,261]. В цитоплазмі остеобластів гістохімічно виявляється висока активність лужної фосфатази [71].

Для високодиференційованих ОБ є типовим постійне зниження активності лужної фосфатази, остеокальцину та остеопонтину [237]. ОБ виконують роль посередників сигналів кісткової резорбції [133,255,262,264] під час розвитку скелета і впродовж усього життя. Клітини остеобластичного клону синтезують молекули,

які в свою чергу ініціюють і контролюють диференціацію остеокластів. Коли остеобласти й остеокласти повністю диференційовані, вони знаходяться в меншому взаємозв'язку. До кінця продуктивного періоду остеобласти, які вкривають кістку з боку кістковомозкової порожнини, стають плоскими і входять до складу ендосту. Такі клітини називаються вистеляючими. Деякі автори розглядають їх як камбіальні клітини кісткової тканини [239]. У процесі апозиційного росту кістки ОБ поступово замуруються мінералізованим кістковим матриксом і перетворюються в остеоцити.

Остеоцити (ОЦ) – це зрілі кісткові клітини, не здатні до ділення, що беруть участь у підтриманні постійної структури кісткової тканини і в процесах її перебудови [207,260]. Утворюються остеоцити при скупченні остеобластів на поверхні кістки, де відбувається клітинна трансформація, і характеризується розвитком довгих клітинних відростків і втратою органел, пов'язаних із синтезом білка, і клітини оточуються мінералізованим кістковим матриксом [19]. Тіло остеоцитів знаходиться в кісткових порожнинах, а їх відростки – в кісткових каналцях, які з'єднуються між собою і навколосудинним простором. Сукупність кісткових порожнин і анастомозуючих між собою кісткових каналців отримала назву лакунарно – каналцевої системи В цій системі циркулює рідина, яка омиває поверхні остеоцитів і їх відростків, забезпечуючи дифузію метаболітів і обмін речовин в остеоцитах, обмін між кров'ю і лакунарно - каналцевою системою. Ця рідина, на відміну від плазми й інтерстиціальної рідини інших тканин, характеризується високим вмістом Ca^{++} і PO^{-} [230]. Оскільки поверхня цих лакун і каналців велика (у людини приблизно 1000 м^2), рідина кістки безпосередньо контактує з її мінеральною частиною [223]. Остеоцити можуть відігравати певну роль у регуляції вмісту мінералів у плазмі, а також вдало відповідають на механічне навантаження і виконують роль ключа в передачі механічних навантажень і зміні формування і резорбції кістки [222].

Чисельні спостереження свідчать про можливість збільшення розмірів кісткових лакун за рахунок остеолітичної дії активованих ОЦ. Це явище було позначено як периостеоцитарний остеоліз, або остеоцитарна остеоклазія. У дорослої

здорової людини 3-4% кісткових лакун знаходяться в стані остеолізу. Встановлено також, що ОЦ здатні не тільки резорбувати кістку, а і й формувати нові кісткові речовини на стінках лакун (остеоцитарна остеоплазія) [137].

Остеокласти (ОК) виконують функцію руйнування кісткової тканини, вони розташовуються в кісткових заглибленнях на поверхні зрілої кістки (гаушипові лакуни). Це великі клітини з поверхнею близько 1200 - 4000 мкм². Вони містять від 2 до 100 ядер, мають куполоподібну форму з диференціюванням на ділянки: гофровану облямівку, світлу, везикулярну та базальну зони [132,170,253].

У ділянці світлої зони проходить щільне прикріплення ОК до кісткової тканини. Гофрована облямівка має цитоплазматичні відростки, направлені до резорбуючої поверхні. ОК глибоко занурений у резорбовану речовину, утворюючи остеокластичну лакуну резорбції. Везикулярна зона ОК має численні лізосоми. У базальній зоні ОК знаходяться ядро, комплекс Гольджі і, помірно розвинена, ендоплазматичний ретикулум (ЕПР) [38,254]. Цитоплазма характеризується високою активністю тартрат-резистентно кислої фосфатази. У зрілій кістці 0,1-1% поверхні займають лакуни, що містять ОК (активна резорбція), 5-10% поверхні займають лакуни (неактивна резорбція) [137]. ОК є фагоцитарними клітинами, які мають великий набір лізосомних ферментів (кислі фосфатази) і колагеназу з протеолітичною дією [137]. Під дією лізосомних ферментів і водневих іонів, що вивільняються остеокластами, відбувається розчинення та деградація матриксу кістки. Один ОК руйнує стільки кістки, скільки створюють 100 ОБ за той ж час [137,192]. Диференціювання та проліферацію попередників ОК регулюють тиреотропний гормон, інтерлейкіни 1 і 6, фактор некрозу пухлини, вітамін Д. Інгібіторами функції ОК є кальцитонін, *f*-інтерферон [8,264].

Своїми дослідженнями М. Sandy, N Steven [238] показали, що кісткові клітини представляють клітинну популяцію, гетерогенну за походженням, однак яка виконує суворо обмежені функції по утворенню матриксу, мінералізації та резорбції кістки. Місцеве мезенхімне походження клітин, що формують кістку, контрастують із позаклітинним, гемопоетичним походженням клітин, які здійснюють резорбцію кістки. Водночас ці дві популяції взаємопов'язані і взаємозалежні. Регуляція клітин

кістки забезпечується складним комплексом місцевих і системних факторів, до якого включені й інші системи органів. А.А. Докторов, Ю. І Денисов - Нікольський [45] за допомогою скануючого електронного мікроскопу (СЕМ) і просвічуючого електронного мікроскопу (ПЕМ) у кістці, що розвивається, прослідкували взаємозв'язок структур, вкриваючих кісткові поверхні клітин, із просторовою організацією підлежачого матриксу. На поверхні кістки є не тільки деформуючі ділянки, а й місця резорбції і завершеного кісткоутворення. Це дозволило їм припустити, що становлення кістки як органу в постнатальному періоді розвитку включає в себе комплекс одночасно протікаючих процесів моделювання і ремоделювання. Як показали Н. Kenij et all. [229], остеобластні клітини мишей на різних стадіях диференціювання володіють протилежною дією на утворення остеокластичних клітин.

Розвиток кістки на основі хряща – хрящовий остеогенез – основа розвитку довгих трубчастих кісток [71, 172, 266]. На місці майбутньої кістки спочатку із мезенхіми утворюється її хрящова модель, яка утворена з ембріонального гіалінового хряща, що вкривається охрястям. Це відбувається на другому місяці ембріонального розвитку. Заміщення хрящової моделі кістковою тканиною починається в середній частині діяфіза. В глибоких шарах охрястя диференціюються остеобласти та утворюється міжклітинна речовина. Охрястя в цих ділянках стає окістям. Даний вид скостеніння одержав назву перихондрального, або периостального, скостеніння. Воно проходить по всьому колу середини діяфіза, утворюючи так звану кісткову манжетку, або перихондральне кісткове кільце, та дає початок компактній речовині кістки. Одночасно починається процес внутрішньохрящового (ендохондрального) скостеніння, під час якого в хрящі утворюються точки, або центри, скостеніння. У діяфізі довгих трубчастих кісток з'являється первинна остеогенна точка, або діяфізарний центр, пізніше в епіфізах – точки скостеніння епіфізів [52,176,217]. Процес кісткоутворення протікає з участю глікогену та ряду ферментів [209,266]. Він починається з утворення діяфізарного центру й доходить до метафізів. Межа з епіфізами проходить по так званій лінії скостеніння. Ендохондральне скостеніння дає початок губчастій речовині з утворенням первинної кістковомозкової

порожнини, що містить пухку, багату на судини тканину, клітини якої наділені різноманітними потенціями, в т.ч. й остеобластичною. Хрящова модель заміщується кістковою тканиною [266].

Постнатальний розвиток та ріст кісток забезпечуються за рахунок наросткового хряща та окістя [51,141]. Ріст кістки в довжину забезпечується наростковим хрящем, розташованим між епіфізом і діафізом. Він представлений хондроцитами в різних фазах розвитку [50,60,74].

У ширину довгі трубчасті кістки ростуть за механізмом опозиційного росту: нова кістка відкладається під окістям в результаті функціонування остеогенного шару періосту [46].

Ряд авторів [175,176,198] описують різну кількість зон наросткового хряща і дають різну їх функціональну значимість. Це пов'язано з тим, що автори не дотримуються єдиного принципу, що і зумовило розбіжності у визначенні кількості зон наросткового хряща і їх функціональної ролі. Більш удалою є класифікація наросткового хряща В.Г.Ковешніковим [68], який на основі функціонального принципу вивчення хондроцитів і проміжної речовини хряща, виокремив п'ять зон, які повною мірою відображають процеси росту кістки в довжину.

Це зони індиферентного хряща, проліферуючого хряща, дефінітивного хряща, деструкції хряща та зона остеогенезу.

Цілком очевидно, що процеси інтерстиційного росту, дозрівання, кальцинація і деструкція хряща, формування кістки проходять у цій ділянці одночасно. Будь-яке порушення хоча б одного з цих процесів відбиватиметься на активності росту довгих трубчастих кісток [266].

Міжклітинна речовина кісткової тканини складається з органічного матриксу і мінеральної фази, які забезпечують взаємозв'язок між високими механічними характеристиками з високою метаболічною активністю [19,21]. У функціональному відношенні перша забезпечує пружність, а друга – міцність кістки [63, 101]

Основою органічного матриксу є фібрилярний білок – колаген. Він визначає структуру кістки, її міцність, еластичність, бере участь у процесі мінералізації [204,206]. Обмін колагену в кістці протікає в 5 разів швидше, ніж у шкірі і

сухожилках, а метаболічна активність його прирівнюється до метаболічної активності колагену печінки [119,155].

Кістковий матрикс – це міжклітинна речовина кісткової тканини, що складає 90% від усієї її маси [206]. Склад зрілої компактної кісткової тканини містить мінеральний компонент (60%), органічний компонент (30%) і воду (10%).

Мінеральний компонент кісткової тканини представлений з'єднаннями фосфату кальцію в амфорній і кристалічній формах [197] і, в значно менших кількостях, – іншими остеотропними катіонами та аніонами.

Високий ступінь мінералізації забезпечує унікальні механічні властивості кісткової тканини і зможу виконання нею опорно - рухової і захисної функцій.

Амфорний фосфат кальцію складає до 60% мінеральної фази. Він представляє собою лабільний резерв іонів кальцію, фосфору і складається з гранул округлої форми розміром 5 – 20 нм. Співвідношення кальцій / фосфор у ньому складає 1,1 – 1,3, що значно нижче, ніж у кристалів гідроксилапатиту. Фізико - хімічні властивості амфорного фосфату кальцію відрізняються від подібних у гідроксилапатиту [148,226].

Кристалічна фаза неорганічної речовини кістки представлена кристалами гідроксилапатиту, їх розміри варіюють у межах 10 – 15 нм [118,164]. За іншими даними, елементарна молекула гідроксилапатиту має гексогональну форму і розміри 20 x 7 мкм [124,128]. У природі кристали групи апатиту мають видовжено-призматичну форму, питому вагу 2,6 – 2,9 г/см³; міцність становить 3 – 5 одиниць за Моосу [226]

Механічні властивості кістки визначаються вмістом мінеральних речовин та води, співвідношенням клітин та позаклітинної речовини, ходом колагенових волокон, особливостями кровонаповнення, орієнтацією кісткових мінералів та іншими факторами [244].

Відношення мінеральної та органічної фаз у кістковому матриксі місце забезпечують біомеханічні характеристики кістки, а видалення органічної складової кісткової речовини обумовлює зменшення міцності. Зниження вмісту води в

кістковому матриці супроводжується збільшенням міцності, твердості кістки і модуля Юнга, а також зменшенням величини відносної деформації [119].

Гомеостатична функція кісток здійснюється шляхом постійного обміну мінеральними сполуками між кісткою та кров'ю [103]. Кістки – депо мінеральних речовин організму, яке містить до 99% усього кальцію, 87 % фосфору, 79% магнію, 46% натрію [148,226] та 20% мікроелементів, а також значну кількість бікарбонату, цитрату, хлориду та інших іонів, що зосереджені у скелеті і які використовуються для підтримки постійного електролітного балансу і кислотно – лужної рівноваги у внутрішньому середовищі [228].

За дефіциту кальцію резорбція кісток забезпечує сироватку крові і тканини кальцієм, але призводить до зниження міцності скелета. Мінеральні речовини, що надходять у кров із кісток, забезпечують іонну сталість внутрішнього середовища організму. Значення кальцію для росту і підтримки кісткової маси очевидне. Його вміст у дорослому організмі сягає 1000 г, з них 99% знаходяться в кістяку у формі гідроксилапатиту [154]. Гідроксилапатит уміщує більшу частину кальцію організму й обумовлює міцність кістки [170].

Порушення обміну цього мінералу може виступати в якості одного з головних механізмів розвитку низки захворювань кістяка, у тому числі й остеопорозу [11,227].

Хімічний склад кістки безпосередньо пов'язаний з віковими змінами. Співвідношення основних компонентів кісткової тканини (води, мінеральних та органічних речовин) зі збільшенням віку кістки змінюється: збільшується вміст мінеральних речовин, а кількість води та органічної частини зменшується [62].

Переважаання мінерального компонента у дорослих супроводжується збільшенням щільності кісткової тканини від 1230 кг/м³ (у дітей) до 1650 кг/м³(у дорослих) [247]. У похилому та старечому віці щільність кісткової тканини знову стає меншою. Максимальні зниження міцності та мікротвердості характерні для зрілої кістки, а потім вони поступово знижуються, і в старечому віці, порівняно з періодом зрілості, міцність і мікротвердість кістки падають відповідно на 14% і 8%. Компактна і губчаста речовини кістки, що є різновидами однієї гістологічної

субстанції, різняться у функціональному відношенні. Компактна кісткова тканина сприймає, як правило, значні механічні навантаження. В цих ділянках кількість мінеральних речовин кістки більша, ніж кісткового матриксу [88].

У кістках новонароджених у перші роки життя міститься значна кількість води – 20%, органічні речовини складають 35 – 40%, а неорганічні – 50 – 55% ваги компактної кістки. В кістках дорослих – води всього 10%, органічних речовин – 20%, а на частку мінеральних речовин припадає 70% . Після 40 – 50 років (у сенільний період) кількість мінеральних речовин починає зменшуватися при незначних коливаннях вмісту води [200]. У зв'язку з високим вмістом мінеральних речовин у скелеті вода виступає в ролі "буфера", що перешкоджає змінам електролітного складу рідини в організмі, підтримуючи їх гомеостаз.

Розвиток кісткової патології може бути обумовлений дефіцитом мікроелементів, які відіграють важливу роль у життєдіяльності кісткової тканини [59,147].

Мікроелементи – хімічні речовини, наявні в організмі людини в дуже низьких концентраціях. Їх умовно поділяють на есенціальні, токсичні та інертні. Есенціальні – цинк, мідь, марганець, кобальт, молібден, хром, нікель, олово, ванадій, селен – необхідні для нормальної життєдіяльності організму [6,93,148]. Однак ці мікроелементи можуть надходити в організм у великій кількості внаслідок екологічної ситуації, і вони матимуть токсичну дію [15,64,79,127]. Порушення балансу мікроелементів призводить до структурно - функціональних змін у кістках: остеопорозу, різноманітних видів рахіту [111,206].

По завершенні процесів росту кістка продовжує активно перебудовуватися адаптуючись до зміни умов, функціонування і забезпечення оптимального рівня мінерального гомеостазу. Послідовність подій, які призводять до заміни старої кісткової речовини на нову, визначає цикл процесу ремоделювання [49,113,217].

Баланс і швидкість перебігу процесів, ремоделювання кісткової тканини можуть змінюватися упродовж життя. У ранньому дитинстві й підлітковому віці процеси кісткоутворення переважають і цим пояснюється прогресивне накопичення кісткової маси в організмі людини приблизно до 18 -25 років. Починаючи з

конкретного віку (у чоловіків – з 50 років, у жінок – після 40-50 років), процеси кісткоутворення починають відставати. Спостерігається природне гальмування процесів ремоделювання кісткової тканини [38,106,196,248,263].

При старінні, у випадку значних механічних навантажень, збільшується тривалість процесу ремоделювання [240]. Це може призвести до нагромадження в матриці кістки неусунутих мікроушкоджень і, отже, до зростання ризику перелому. У 70-х роках була сформульована механічна гіпотеза кісткового ремоделювання [232], згідно з якою механічне навантаження впливає на кристали гідроксилапатиту в матриці кістки, викликаючи зміну вмісту Ca^{2+} у поверхневих шарах кристалів і в найближчому оточенні. При зростанні навантаження вміст іонів кальцію зменшується, а при зниженні – зростає. Коливання іонного складу середовища і слугують, на думку авторів гіпотези, стимулом для запуску процесу ремоделювання.

Вплив механічних навантажень досліджувався в експерименті на кісткових клітинах [138]. Було виявлене підвищення біосинтезу компонентів позаклітинного матриксу і рецепторів, що беруть участь у клітинній адгезії. На думку авторів роботи, істотну роль у запуску реакції остеогенних клітин на механічне навантаження відіграє зміна умов взаємодії клітини і навколишнього матриксу.

Більшість авторів [65] пов'язують ефект навантаження зі зміною умов циркуляції крові і кісткової рідини у внутрішньокісткових просторах. Циклічне навантаження і розвантаження кістки сприяють активній кістковій циркуляції, забезпечуючи оптимальний рівень метаболізму і життєздатність кістки як органу. І.В. Кнетс і співавт. [65] вважають, що саме мікроциркуляція кістки може бути тією ланкою, що відчутно реагує на анізотропію механічних характеристик і на зміну обсягу кістки при її стисканні й розтягуванні.

Таким чином, кістка – це адаптивна тканина, що здатна змінювати свою структуру й функцію залежно від механічних і метаболічних вимог організму. Розвиток кісткової маси в період росту, а також підтримка її упродовж життя залежать в основному від м'язової активності й механічного навантаження.

1.2. Вплив на кістки скелета різних режимів рухової активності

Сучасний спосіб життя істотно обмежив рухову активність та фізичне навантаження на людину. Це призвело до розвитку низки загальних захворювань організму, збільшення патології опорно - рухового апарату [83].

При фізичних навантаженнях на кісткову систему підвищуються об'єм крові до рухового апарату, що сприяє інтенсивності обміну в м'язових і кісткових тканинах. Встановлено, що кожної хвилини через компактну кісткову тканину людини проникає від 1 до 7 см³ крові. При середній руховій активності відносна зміна об'єму кісткової тканини (0,04%) ще більше відповідає середньому об'єму протікаючої рідини (0,05%) [75]. Так Дж. Уилмор, Д. Костил [163] вважають, що механічні навантаження істотно впливають на формування скелета і просторової структури кісток.

Реакція організму, а зокрема – кісткової тканини, на дію фізичних навантажень вивчається з кінця XIX століття. Однак отримані суперечливі дані змушують знову та знову звертатися до вирішення цих питань на більш високому науковому рівні із застосуванням арсеналу сучасних методів дослідження, що дозволяє виявити механізм адаптації органів і систем із подальшим керуванням процесами їх перебудови.

Кісткова система довгий час вважалась інертною системою в організмі, пристосованою лише для надання механічної міцності й утворення системи важелів. Тільки лиш роботи П.Ф. Лесгафта [131] спростували існуючі припущення про інертність кісткової тканини. Автор писав : "Кістка розвивається тим сильніше у всіх своїх розмірах, чим більше задіяно навколишніх її м'язів, а при меншій задіяності з боку цих органів вона стає тоншою і слабшою". В основі реакції кісткової тканини на дію фактора зовнішнього середовища лежить пластичність кісткової тканини [57,265].

А.Г. Щедрина [94] стверджує, що найважливішим фактором, який мобілізує організм і підтримує в ньому готовність до адаптивних перебудов, слугують рухові

навантаження. Їх зниження в умовах забрудненого середовища життя суперечить біологічним традиціям організму, викликає деградацію і погіршення здоров'я.

Рухова активність у вигляді фізичного навантаження цікавить спортивних медиків при формуванні високого рівня фізичної працездатності, а також для виявлення індивідуумів, більш стійких до дії фактора фізичного навантаження, тобто при підготовці спортсменів високої кваліфікації. Розуміння процесів, що відбуваються в кістковій системі у спортсменів на тканинному й органному рівнях, дозволяє тренерам і педагогам з фізичного виховання та спорту підійти до питань керування цими процесами з метою гармонійного розвитку організму людини. Крім того, фізичні навантаження застосовуються у практиці лікувальної фізкультури як реабілітаційні заходи, які спрямовані на відновлення можливостей організму [236].

Здоров'я людини визначається наявністю та єдністю двох його складових: духовної і фізичної. У підтриманні високого рівня здоров'я людини велику роль відіграє система оздоровчих заходів, серед яких фізична культура і спорт займають одне з провідних місць. Пропонуючи фізичні навантаження як засіб фізичного вдосконалення людини, підняття рівня працездатності організму, спеціалісти різних професій визнають обов'язковість індивідуального підходу в цій справі. На цей час у спортивній морфології все більше порушуються питання про оптимальність фізичного навантаження, про форми адаптації до нього [87,101,116,121,157].

Адаптація організму до м'язових навантажень характеризується адекватною перебудовою внутрішньо - та міжсистемних відносин і зміною характеру енергетичного обміну, що забезпечує підвищення працездатності й викликає біохімічні зміни у м'язах, кістковій системі, крові та внутрішніх органах [130]. Інакше кажучи, визначається, що результат впливу фізичного навантаження на різні системи організму, особливо кісткову [97], залежить від його дозувань, типів (статичні, динамічні), їх характеру (короткочасні, ступінчастозростаючі, довготривалі, інтенсивні, помірні) [53,204].

З віком у людини відбуваються не лише кількісні, а і якісні зміни в опорно-руховій системі. Прийнято вважати, що під час м'язової роботи приріст об'ємної

швидкості регіонального кровообігу може бути забезпечений за рахунок не тільки збільшення лінійної швидкості кровообігу, а й приросту просвіту артерій [179,193].

Доведено, що для нормального розвитку організму конче необхідно рухатися [242]. Також відомо, що оптимальні фізичні навантаження сприяють поліпшенню життєдіяльності та попереджають розвиток хвороб [18,125,173]. З іншого боку, будь-яка зміна фізичного стану чи специфічного руху відповідним чином викликає переорієнтацію у потрібний бік відбіркових активацій морфофункціональних структур, які мають можливість реалізувати ці рухи або загальмувати непотрібні [116].

Фізичні навантаження викликають різнобічні зміни в організмі людини і тварин. Ступінь глибини цих змін залежить від тривалості та інтенсивності навантажень [42]. Авторами визначається відмінність в індивідуальних особливостях адаптації до фізичних навантажень або її відсутності [120]. Іншими авторами доведено, що припинення росту і розвитку кісткової тканини виникає при дії інтенсивного фізичного навантаження [231].

Помірні фізичні навантаження викликають ріст маси кісток, особливо у тварин зрілого віку. Існують також дослідження, в яких висвітлюється роль фізичних вправ у перетворенні кісток у різні періоди онтогенезу [43].

Е.Л. Мачерет та співатори [89] вважають, що фізичні навантаження, які застосовуються у будь-якому віці, дають однакові результати. На думку Б.І. Когана [76] та Б.А.Никитюка [100,101], фізичні навантаження викликають омолодження скелета. Д.А. Алелеров та ін. [4], Л.А. Алексина [3] спостерігали гальмування синостозування кісток верхніх кінцівок. За оптимального вибору фізичних навантажень не спостерігається їх гальмівної дії на ріст і формоутворення кісток [3]. Крім того, у праці D.V. Carter [212] показано, що великі інтенсивні навантаження можуть призвести до деформації кісток.

Як відмічає Ю.І. Денісов-Нікольський [37], навантаження є постійним фактором, який впливає на морфогенез кістки і реалізується через центральні й місцеві механізми нервової та гуморальної регуляції процесу ремоделювання. При цьому спостерігається захисна функція остеонів під час фізичних навантажень та їх

роль у прискоренні процесу руйнування кістки при дії навантажень, що значно перевищують функціональні [38].

Б.А. Никитюк [98] виділив у спортсменів крайні форми адаптації кістково-суглобового апарату до зростаючих фізичних навантажень – це раціональна і нераціональна. Він відзначає, що за нераціональної адаптації раніше відбувається припинення росту кісток у довжину із закриттям наросткових зон, сповільнюється периостальне кісткоутворення, настає передчасний розвиток остеопорозу. Це зумовлюється дією великих навантажень на непідготовлений кістково-суглобовий апарат [75,101,152].

В умовах екстремальних фізичних навантажень відбувається виснаження адаптаційних ресурсів, що є передумовою розвитку патологічних змін в організмі [117,139].

Під час м'язової роботи відбувається кількісне наростання кісткової речовини, а також суттєві зміни мікроструктури кістки. За динамічних навантажень у кістковій тканині зростають кількість і діаметр остеонів, які краще виражені, витончується шар оточуючих пластинок. При цьому кістки володіють великим запасом міцності, збільшується остеонна зона за рахунок утворення нових остеонів [234]. М'язева робота, оптимальна для первинних кісток, викликає в останніх збільшення кількості остеонів, утворення нових гаверсових каналів з оточуючими їх циркулярними пластинками, що робить кістку більш зрілою, з більшим запасом міцності [128]. За надмірної м'язової роботи у кістковій тканині спостерігається зменшення кількості остеонів і розширення загальних оточуючих пластинок, що супроводжується послабленням остеонізації компактної кістки [109,171]. Як уже було згадано вище, наростковий хрящ довгих трубчастих кісток бере активну участь у їх поздовжньому рості. Якщо Є.Г.Булич, Ш.В. Муравов [18] вважають, що наросткова хрящова пластинка росту не реагує на збільшення чи зменшення на неї навантаження, то інші (В.Оуаґобі, R. Russel [245]), роблять наголос на тому, що активність перебудови хрящової пластинки росту залежить саме від сили та тривалості механічних навантажень. Так, І.І. Бузуєва, Е.Е. Філюшина, М.Д. Шмерлінг [17] вважають, що механічне перевантаження кістки викликає мікропереломи кісткових балок та

пластинок кортикального шару. Під час бігових навантажень фактор здавлювання наросткового хряща відіграє велику роль у розвитку і протіканні кісткоутворюючих процесів.

S. Naas [224] у своїх дослідженнях, стискаючи і розтягуючи нижній кінець стегна кролів, не віднайшов змін у рості наросткового хряща. Стискаючи наростковий хрящ молодих кролів, J. Truesta [258] не виявив сповільнення росту кісток у довжину. M.R. Simon [251] вважає, що згідно із законом Хютера - Фолькмана швидкість росту наросткового хряща зворотно-пропорційна механічним зусиллям до спрямування осі епіфізарного росту й для прискорення його росту важливими є характер та кількість навантаження. Дж. Х. Уїлмор, Д. Л. Костілл [163] переконані, що фізичні навантаження головним чином впливають на ширину, щільність і міцність кістки й практично не мають ніякого впливу на її довжину.

Морфологічний аналіз кістки людини різної локалізації дозволяє встановити, що ступінь мінералізації кістки та відповідні їй механічні параметри залежать від характеру та рівня функціональних навантажень. Ю.І. Денісов-Нікольський та співавт. [38] зазначають, що структура й композиційний склад кістки корелюють з її функцією в кистяку та механічними характеристиками. Ці результати можна розглядати як кількісне підтвердження постулату про те, що біомеханічні характеристики кісткової тканини є інтегральним вираженням її морфомеханічного статусу і можуть слугувати об'єктивним критерієм оцінки функціонального стану кістки.

У дослідженнях Я.Р. Синельникова й співавт. [24] показано, що перебудова всіх компонентів опорно-рухового апарату також залежить від умов його функціонування, при цьому робиться акцент на збільшення фізичної активності організму.

Б.І. Коган [76] виявив зворотну залежність між інтенсивністю поздовжнього росту та шириною наросткового хряща. Л.А.Алексіна [3] вважає, що динамічні навантаження, які проводяться систематично, викликають підсилену активність наросткових хрящів та забезпечують більш довготривалу їх функцію.

Зміни рельєфу та найбільше потовщення метаепіфізів та діафіза у великогомілковій кістці від навантажень спостерігали Я.Р.Синельников, Н.Н.Сак, В.І. Без'язичний та ін. [24]. Інші дослідники [18,177] підкреслюють, що найбільші зміни від навантажень спостерігаються в період "розквіту" організму. Посилена м'язова діяльність викликає прискорення кісткоутворення та процеси перебудови всіх частин кістки і, на думку авторів [89,112], є можливість регулювання морфофункціональними структурами. Вплив адекватних фізичних навантажень посилює метаболічні процеси та викликає прискорення осифікації як за рахунок периосту, так і ендосту. Досліди Ю.А. Висоцького, Ю.Ф. Чернікова, та ін. [108], І.І. Боймиструка., Я.І. Федонюка [13] підтвердили, що кістки людини перебудовуються упродовж усього життя.

Вплив фізичних навантажень на перебудовчі процеси в епіфізах та діафізах підсумовується таким чином: чим більше навантаження, тим швидше відбувається периостальне та ендостальне кісткоутворення [146].

Фізичні навантаження впливають на перебудову спіральних тканин у вигляді збільшення остеогенного шару, де з'являються безстінні лакуни, біля яких вже почався процес відкладення кісткової субстанції [120]. На думку G Laurenta, P. Millwarda [115,235], самі остеони при цьому мають чіткі форми, які разом із диференціацією повніше відображають щільний зв'язок із фізичними навантаженнями.

На думку Я.Р.Синельникова, Н.Г. Самойлова, Л.Н. Ховалктіна [146], значні динамічні навантаження прискорюють як періостальне кісткоутворення, так і ендостальне кісткорозсмоктування, а у похилому та старечому віці значні динамічні фізичні навантаження затримують періостальний остеогенез та ендостальну остеоклазію. Ці ж автори роблять висновок, що виникнення у старечому віці значної перебудови кісткової субстанції під впливом динамічних фізичних навантажень омолоджує кісткову тканину, а це надає можливість спрямовувати такий процес у потрібному людині напрямку.

Під впливом фізичних навантажень відбувається перебудова й мінерального обміну довгих трубчастих кісток. Унікальність організації кістки полягає в тому, що

в нормальному стані кістка, зберігаючи співвідношення речовин, які входять до її складу, одночасно і постійно змінює його, при чому це відображається на морфофункціональному стані багатьох систем організму [220]. Встановлена кореляційна залежність між процесом руйнування і перетворенням обміну речовин в організмі [266]. При цьому в цих процесах велике значення має індивідуальна реакція організму на дію чинника середовища (фізичних навантажень). У ході вивчення змін у хімічному складі кісток при динамічних і статичних навантаженнях, дійшли висновку, що збільшення вмісту кальцію та фосфору відбувається з одночасним зменшенням калію, натрію та води, при цьому міцність кістки зростає [163]. А тривалі періоди відсутності функціонального навантаження на опорно-руховий апарат у людини чи лабораторних тварин призводять до втрати кістковою тканиною кальцію, порушення ремоделювання [33]. У тварин, які ростуть, унаслідок іммобілізації та відсутності осьового навантаження спостерігається гальмування росту і формоутворення кістки [260].

Довготривалі помірні фізичні вправи у молодих щурів збільшують максимум маси кісток у зрілому віці, також відбувається зниження, порівняно з контрольними тваринами, загальної маси тіла й водночас збільшення чистої маси поперекових хребців та вмісту в них кальцію. А. Sinaki et al. [256] доводять, що довгі трубчасті кістки дорослих щурів позитивно адаптуються до напруги шляхом зростання маси і щільності кісток. Hashimoto Michio [225] у своїх дослідженнях визначив, що треновані молоді і старі (більшою мірою) щури відстають у прирості маси тіла від контрольних щурів.

А.С. Солодков [153] розглянув питання адаптації скелета спортсменів, які займаються різними видами спорту, до фізичних навантажень. Наведені закономірності вікових перетворень скелета розкрили можливості й умови керування адаптацією скелета.

Результати досліджень Colletti Laura et al. [214] свідчать про те, що розбіжності в мінеральному складі, щільності і масі домінуючих кінцівок, порівняно з недомінуючими, проявляється в тому, що кістки домінуючих кінцівок мають більшу масу, ширину та щільність мінералів [203].

Braith R.W, Mils R.M, Welsch M.A. [192] вважають, що статико - динамічні тренування призводять до зниження маси тіла, а у хворих після трансплантації серця – до відновлення мінеральної щільності кісток.

При дослідженні діафізів трубчастих кісток більшість авторів вважають, що місця прикріплення сухожилків, м'язів та зв'язок мають особливу структуру [109], а особливостями цих формоутворень та шорсткостей є утворення за напрямком м'язового натягнення гаверсових систем та лакунарних порожнин.

У деяких роботах [146,168] доведено, що певна м'язова діяльність викликає не лише посилений ріст трубчастих кісток організму, а й веде до їх робочої гіпертрофії. З іншого боку [163] відмічається затримка росту кісткової тканини, а також кісток у довжину під впливом різноманітних фізичних навантажень.

A Carbon R.J. [210] довів, що регулярні фізичні навантаження призводять до збільшення мінеральної щільності кісток. Вплив фізичної активності на кісткову щільність у різні періоди дозрівання скелета, на масу кістки у спортсменів та вплив фізичного навантаження на мінеральну насиченість кістки, а також різні види реакції кісток щурів у відповідь на виснажливі навантаження вивчали у своїх дослідженнях й інші автори [80,145].

За даними L.E. Lanon [234], молода кістка дуже активна до зовнішніх навантажень і реагує на них інтенсивним збільшенням густини мінералів, а великий обсяг напруженої силової роботи здатний загальмувати ріст довгих кісток і негативно впливає на перспективи юних спортсменів у більшості видів спорту [178].

У більшості досліджень виявлений позитивний вплив фізичного навантаження на стан кісткової тканини і міцність кістки [102,247]. Протилежний ефект спостерігався при обмеженні рухової активності [58,156]. Було показано [248], що в жінок, які ведуть активний спосіб життя і тренувані фізично, ризик перелому стегна знижується до 36%. При цьому особливе значення має фізичне навантаження не тільки на даний момент, а також і на його рівень і тривалість у молодому та зрілому віці.

Разом з тим дослідження показали, що фізичне навантаження сприяє як утворенню нової кістки, так і підтримці піку кісткової маси, при чому цей вплив

більш виражений у молодому віці. У молодому та зрілому віці позитивний ефект роблять середні й відносно високі фізичні навантаження. Маса тіла суттєво впливає на мінеральну щільність кісткової тканини (МЩКТ): у чоловіків з надмірною вагою тіла кісткова маса більша (Nguyen T.V. et al., 1996) [250], а зменшення ваги тіла сприяє швидкій втраті маси кістки та підвищенню частоти переломів у чоловіків похилого віку (Mussolino M.E. et al., 1998) [242].

З'ясувалося також, що фізичне навантаження при специфічних вправах призводить до збільшення МЩКТ лише в тих ділянках кістяка, що отримують навантаження. Так, жінки – спортсменки (тенісистки, гімнастки) і балерини мають широкі кістки і більший кортикальний шар кісток кінцівок (що відображає специфіку розподілу навантаження), а також більш високу МЩКТ, ніж у контрольній групі. У той же час у плавців показники МЩКТ менші, ніж у контрольній групі того ж віку. Стосовно бігунів на довгі дистанції дані суперечливі, проте у всіх дослідженнях відзначена відсутність змін МЩКТ у дистальному відділі передпліччя, що відповідає уявленням про локальний вплив фізичного навантаження [257].

Проведено велику кількість робіт з оцінки впливу фізичних вправ на МЩКТ периферичного і центрального кістяка. Численні дослідження дозволили встановити, що помірні фізичні вправи, навіть з ваговими навантаженнями, не мають достовірного ефекту на показники МЩКТ чи призводять лише до незначного їх підвищення. В інших дослідженнях, де використовувалися більш інтенсивні фізичні вправи, відзначене помірне збільшення МЩКТ як периферичного, так і центрального кістяка, за винятком жінок похилого віку [256].

Негативний вплив гіпокінезії на скелет описаний у багатьох роботах. [26,44,114,179].

На думку Г.Г. Цибіза та М.П. Римара [178], перебудовчі процеси у м'язах, хондродній та кістковій тканинах опорно-рухового апарату при фізичних навантаженнях субмаксимальної потужності викликають постійне віддалення адаптаційних процесів, що спостерігалось у вигляді збільшення кількості

новоутворених дрібних остеонів, посиленій васкуляризації всіх відділів кісткової тканини, збільшенні товщини суглобових хрящів.

Метаепіфізарні зони при оптимальних навантаженнях перебудовуються таким чином, що значно збільшується кількість кровопостачальних судин, які підходять до хрящової пластинки росту, збільшується їх петлистість і судинна система перетворюється з дрібнопомірної у середньопомірну. Збільшення тривалості та потужності навантажень гальмує розвиток васкуляризації як кісткової, так і хондроїдної тканини. Саме оптимальні навантаження надають можливість втілення у життя підвищених регенераційних процесів при отриманні травм, створюючи значну компенсаційну "матеріальну" базу [178].

Фізична активність позитивно впливає на кісткову тканину, а механічне навантаження на кістку в результаті м'язового розтягнення або тиску допомагає запобігти зниженню кісткової маси, що обумовлено покращенням структурно-метаболічних процесів у кістковій тканині, очевидно, насамперед, за рахунок посилення її васкуляризації [8,17,123,159,233].

Таким чином, дія на опорно – рухову систему фізичних навантажень далеко неоднозначна й потребує подальшого систематичного дослідження, особливо за умов несприятливих екологічних чинників, що й стало предметом нашого експериментального дослідження.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведені в 1989-1992 роках Новомосковські експедиції виявили підвищення радіаційного фону на 15-20% та збільшення гранично допустимої концентрації (ГДК) у воді та ґрунті солей міді, цинку, хрому, марганцю і свинцю на 60-80% в Шосткинському, Середино-Будському та Ямпільському районах Сумської області [28,34].

Особливості чутливості клітин і тканин до дії випромінювання та споживання солей у людини і тварин однотипні, що має істотне значення для можливостей екстраполяції результатів експериментальних досліджень [150].

З метою вивчення росту та формоутворення довгих кісток скелета в умовах опромінення та навантаження солями важких металів на тлі фізичних навантажень проведено дослідження на 160 безпорідних щурах-самцях чотиримісячного віку масою 130-150 г, що знаходилися в стаціонарних умовах віварію. Ці тварини відрізняються однотипними реакціями на вплив різноманітних середовищних чинників та безперервними процесами росту кісток скелета, що дає можливість прослідкувати особливості росту, будови та формоутворення кісткової системи на всіх етапах дослідження [56]. Утримання тварин та експерименти проводилися у відповідності до положень "Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей" (Страсбург, 1985), "Загальних етичних принципів експериментів на тваринах", ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ 2001)[92], Хельсинської декларації Генеральної асамблеї Всесвітньої медичної асоціації (2000).

Перед початком експерименту тварин оглядали, враховуючи їх локомоторну активність та стан шкіряного покриву. Після відбраковки щурів з аномаліями поведінки тварин вводили в експеримент. Під час дослідів у віварії підтримувалася постійна температура, тварини отримували належний догляд. Постановка експерименту здійснювалася згідно з Правилами проведення робіт з експериментальними тваринами [95]. Усі тварини перебували в однакових

температурних та харчових умовах і утримувалися згідно із "Санитарними правилами создания, оборудования и содержания экспериментально-биологических клиник (вивариев)" від 06.04. 1973 р. і доповненнями від 04.12.1978 р. до Наказу МОЗ СРСР №163 від 10.03.1966р. "О суточных нормах питания животных и продуценты".

Ще М.М. Медведєв [91] стверджував, що білі щурі досить легко пристосовуються до певної моделі фізичних навантажень (ФН). На наш погляд, більш доцільно дозувати фізичні навантаження для лабораторних щурів у відсотках від максимальних. Такий підхід до дозування навантажень використовували С.І. Сагалянов [137], Я. І. Федонюк [169]. Тому для постановки нашого експерименту всі фізичні навантаження поділили залежно від виду навантажень та їх інтенсивності. В режимі помірних навантажень щурі отримували 55%, а в режимі, інтенсивних навантажень-80% від максимальних. Такий розподіл інтенсивності навантажень де в чому відповідає дослідженням В.П. Плотнікова та співавт. [122], які критерієм оцінки інтенсивності ФН вважали величину пульсового резерву (ПР). ФН відносили до дуже малої інтенсивності, якщо під час виконання частота серцевих скорочень (ЧСС) не перевищувала 10% (ПР), малої інтенсивності – 20%, середньої – 40, вище середньої – 50%, великої – 60%, субмаксимальної I та II – відповідно 75 та 85%, максимальної – 100% ПР. Відсотки дозування практично збігаються з нашими даними.

Моделювання статичних навантажень (СН) проводили на вертикальних жердинах [166]. Тварини перебували у вертикальному положенні, виконуючи щоденно, упродовж місяця, помірні навантаження починаючи від 1 до 5 хвилин. Інтенсивні статичні навантаження становили від 5 хв. до 20 хв.

Динамічні фізичні навантаження (ДФН) здійснювали у третбані [162,165] за методикою В.В. Алексєєва та В.І. Без'язичного [2]. Швидкість руху третбана складала 1,8 км/год. Така швидкість, на наш погляд, є оптимальною, що збігається з літературними даними [55]. При такій швидкості щурі добре бігали. Навантаження подавались поступово. Упродовж кількох днів щурів поміщали в третбан без надання навантажень для звикання до нового місцезнаходження. Потім при ПДФН

поступово з кожним днем збільшували час бігу від 1 до 5 хв, протягом місяця, а для інтенсивних навантажень біг тварин у третбані починався від 5 хв. до 20 хв.

Піддослідні тварини були розділені на дві серії: експериментальну і контрольну (табл.2.1).

Таблиця.2.1

Розподіл піддослідних тварин

Експериментальні												Контрольні			
R+С _я				R+С _{сб}				R+С _ш				Інтактні	R+С _я	R+С _{сб} ,	R+С _ш
ПДФН	ІДФН	ПСФН	ІСФН	ПДФН	ІДФН	ПСФН	ІСФН	ПДФН	ІДФН	ПСФН	ІСФН				
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

I серія, залежно від дії екологічного чинника розбита на три групи. Перша – упродовж місяця отримувала опромінення дозою 0,2 Гр і солі цинку ($ZnSO_4 \times 7H_2O$) – 0,5 мг/л та міді ($CuSO_4 \times 5H_2O$) – 1 мг/л, що відповідає екології Ямпільському району (R+С_я).

Друга група – протягом місяця отримувала опромінення дозою 0,2 Гр і солі марганцю ($MnSO_4 \times 5H_2O$) – 0,1 мг/л, свинцю ($Pb(CH_3COO)_2$) – 0,1 мг/л та міді ($CuSO_4 \times 5 H_2O$)- 1мг/л), що відповідає екології Середино-Будському району (R+С_{сб}).

Третя група упродовж місяця отримувала опромінення дозою 0,2 Гр і солі цинку ($ZnSO_4 \times 7H_2O$) – 5 мг/л, хрому ($K_2Cr_2O_7$) – 0,1 мг/л і свинцю ($Pb(CH_3COO)_2$) – 0,1 мг/л, що відповідає екології Шосткинському району (R+С_ш).

Кожна з перелічених груп розбита на 4 підгрупи (по 10 тварин у кожній) - залежно від характеру і режиму фізичних навантажень:

- 1) помірні динамічні фізичні навантаження (ПДФН);
- 2) інтенсивні динамічні фізичні навантаження (ІДФН);
- 3) помірні статичні фізичні навантаження (ПСФН);
- 4) інтенсивні статичні фізичні навантаження (ІСФН)

ІІ серія (40 щурів), контрольна поділена на 2 групи.

Першу групу тварин (10 щурів) склали інтактні щурі віком 4 місяці.

Друга група (30 щурів) знаходилась тільки під впливом комбінованої дії радіації та солей важких металів, відповідно Ямпільському району ($R+C_{я}$), Середино- Будському району ($R+C_{сб}$), Шосткинському району ($R+C_{ш}$) і вважалася нами "суто" контрольною.

Усі піддослідні тварини забивалися під ефірним наркозом шляхом декапітації наступного дня після закінчення експерименту. На дослідження забиралися плечові, стегнові та великогомілкові кістки.

Для дослідження використовували такі методи:

1. Остеометричний

Кістки зважували на аналітичних вагах з точністю до 1 мг та вимірювали штангенциркулем за методикою W. Duerst [219] з точністю до 0,1 мм. Остеометрія довгих трубчастих кісток включала в себе наступні показники: найбільша довжина кістки, найбільша ширина проксимального та дистального епіфізів, найбільша ширина та передньо-задній розмір середини діафіза.

2. Гістологічне дослідження діафіза та епіфізарного хряща. Досліджувалися дистальні епіфізарні хрящі плечової і стегнової кісток і проксимальний – великогомілкової, за рахунок яких іде найбільший ріст кісток у довжину [36,69]. Для цього брали ділянки кісток із епіфізів та середини діафіза, фіксували в 10% розчині нейтрального формаліну, проводили декальцинацію в розчині Трилону Б протягом двох місяців, зневоднювали в спиртах зростаючої концентрації та заливали в

целлоїдин. Готували гістологічні зрізи товщиною 10 - 12 мкм та забарвлювали їх гематоксилін-еозином та за Ван-Гізон [96].

3. Морфометрія діафіза проводилася за такими параметрами: площа діафіза, площа кістково мозкової порожнини, ширина зон зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок, ширина остеонного шару, діаметр остеонів та їх каналів. У епіфізарному хрящі вимірювали загальну ширину зони росту та ширину зон індіферентного, проліферуючого, дефінітивного хрящів та зони деструкції. Морфометрію проводили за допомогою світлового мікроскопа "Олімпус" із цифровою відеокамерою та пакетом прикладних програм "Відео Тест 5,0" і "Відео размер 5,0". Зображення зберігали на вінчестері з наступним друком кольорових ілюстрацій.

4. Визначення хімічного складу. Зважену кістку від даної групи закривали в сушильній шафі при температурі 105⁰С і висушували до постійної ваги. За різницею у вазі вологої і сухої кістки визначали її вологість. Потім висушену тканину спалювали в порцелянових тиглях у муфельній печі при температурі 450⁰С протягом 48 годин. Шляхом зважування попелу вираховувалася загальна кількість мінеральних речовин на сухий залишок. Отриманий попіл розчиняли в 10% соляній та азотній кислотах і доводили бідистильованою водою до 25 мл. На атомному абсорбційному спектрофотометрі С-115М1 за загальноприйнятою методикою [9] визначали кількість кальцію (довжина хвилі – 422,7 нм), калію (довжина хвилі – 404,4 нм), натрію (довжина хвилі – 330,3 нм), магнію (довжина хвилі – 285,2 нм), міді (довжина хвилі – 324,7 нм), цинку (довжина хвилі – 213,9 нм), свинцю (довжина хвилі – 287,3 нм) і марганцю (довжина хвилі – 279,5 нм).

Отримані дані обробляли статистично за допомогою програми Excel на персональному комп'ютері з використанням пакета прикладних програм. Достовірність розходження експериментальних і контрольних даних оцінювали з використанням критерію Ст'юдента, достатньою вважали ймовірність помилки менше 5% ($p < 0,05$) [81].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Ріст і формоутворення кісток контрольної серії тварин

3.1.1. Морфологічна характеристика довгих кісток інтактних тварин. Для проведення коректного порівняльного аналізу вивчалися кістки інтактних щурів чотиримісячного віку.

Результати остеометрії досліджуваних кісток представлені в додатках (табл. 1).

Максимальна довжина плечової кістки 4-місячних щурів складає $23,81 \pm 0,21$ мм; стегнової – $30,85 \pm 0,27$ мм, великогомілкової кістки - $35,46 \pm 0,32$ мм. Найбільша ширина проксимального і дистального епіфіза для плечової кістки складає $4,51 \pm 1,12$ мм та $5,79 \pm 0,06$ мм; для стегнової кістки – відповідно $7,21 \pm 0,12$ мм та $6,13 \pm 0,07$ мм; для великогомілкової кістки – $6,52 \pm 0,08$ мм та $5,19 \pm 0,09$ мм, а ширина діафіза відповідно складає $2,01 \pm 0,03$ мм; $3,27 \pm 0,05$ мм і $1,89 \pm 0,2$ мм. Передньо-задній розмір діафіза для кісток складає: плечової – $2,15 \pm 0,01$ мм; стегнової – $2,23 \pm 0,03$ мм; великогомілкової кістки – $2,51 \pm 0,03$ мм.

Гістологічна будова наросткового хряща не має особливостей в залежності від досліджуваної довгої кістки. Ростова зона має типову стовпчасту будову та зональність в усіх кістках [67] (рис.3.1).

Найбільша її ширина відмічається у плечовій кістці й становить $240,29 \pm 1,63$ мкм; для стегнової – $237,40 \pm 10,93$ мкм; для великогомілкової кістки – $230,13 \pm 10,12$ мкм. (Додаток. табл. 2).

Першою, в напрямі від епіфіза до діафіза, розташована зона індіферентного хряща. Вона представлена 2–4 рядками дрібних клітин полігональної форми з центрально розміщеними ядрами, округлої форми, які добре сприймають барвники. Клітини першої зони оточені значним масивом проміжної речовини. Ширина зони становить $21,36 \pm 0,42$ мкм для плечової кістки; для стегнової – $20,71 \pm 0,46$ мкм; для великогомілкової кістки, відповідно, – $18,84 \pm 0,25$ мкм.

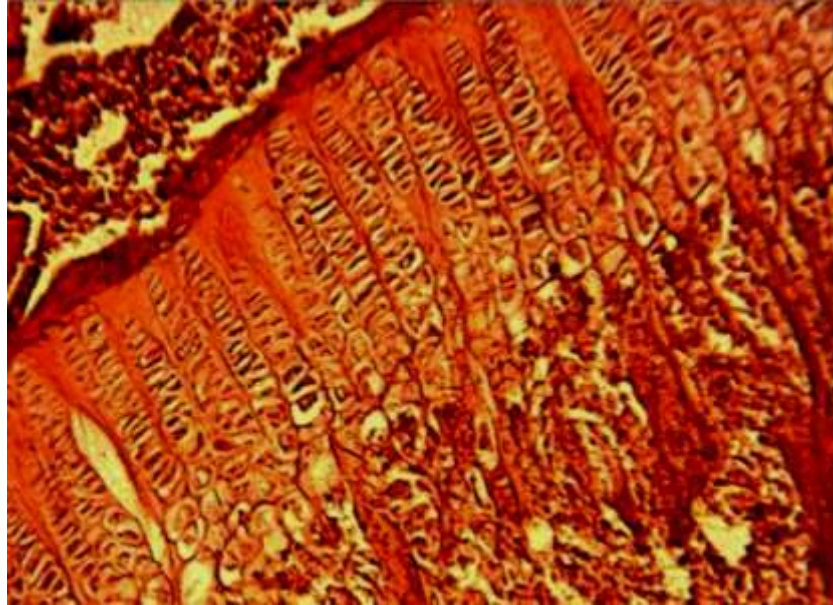


Рис.3.1. Проксимальний епіфізарний хрящ великогомілкової кістки інтактного щура. Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20

Ближче до діафіза розташована зона проліферативного хряща, клітини якої зібрані в колонки по 8-10 клітин і утворюють так звані "монетні стовпчики", що відокремлені між собою незначною кількістю сполучної речовини. Форма клітин овальна або округла з чітко забарвленою цитоплазмою. Ядро розміщене в основному ексцентрично із чітко вираженими фігурами мітозу, кількість яких зменшується в напрямку дефінітивного хряща. Ширина зони в плечовій кістці становить $92,34 \pm 0,77$ мкм; у стегновій – $90,88 \pm 0,85$ мкм; у великогомілковій – $89,63 \pm 0,74$ мкм.

У напрямку до діафіза продовженням зони проліферації є шар дефінітивного хряща, що представлений 5–6 рядками великих клітин полігональної форми. Кількість сполучної речовини зменшується. Ядра розташовані в центрі, зазвичай без ознак мітозу. Ширина зони дефінітивного хряща плечової кістки склала $46,95 \pm 0,16$ мкм; стегнової кістки – $46,35 \pm 0,23$ мкм та великогомілкової кістки – $43,29 \pm 0,31$ мкм.

Без чіткої межі шар дефінітивних клітин переходить у зону деструкції, що представлений кількома рядками великих клітин полігональної форми з великою

кількістю цитоплазми та фрагментованими ядрами або без них. У деяких клітинах зруйнована оболонка, відбувається утворення пустот, що заповнені сполучною тканиною та ендотеліальними клітинами. Для плечової кістки ширина зони деструкції становить $79,64 \pm 0,41$ мкм; для стегнової кістки - $79,46 \pm 0,39$ мкм; для великогомілкової кістки – $78,37 \pm 0,27$ мкм.

У діяфізі інтактних щурів на поперечному розрізі можна виділити три чітко відокремлені зони (рис.3.2). Першою, в напрямку від поверхні до кісткомозкового каналу, знаходиться зона зовнішніх оточуючих пластинок. Зовні вона вкрита окістям, представлена кістковими пластинками, зібраними в паралельні рядки. Перекриваючи одна одну, вони не утворюють навколо діяфіза суцільних кілець. Ближче до окістя відмічається велика кількість остеобластів різного ступеня диференціювання з добре забарвленими ядрами.

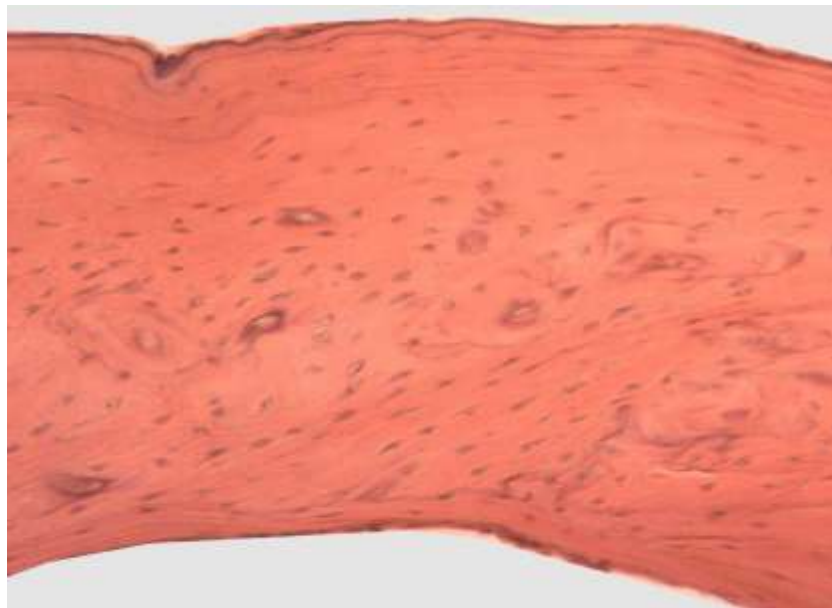


Рис.3.2. Діяфіз стегнової кістки інтактного щура. Зона зовнішніх оточуючих пластинок (1),остеонний шар (2), зона внутрішніх оточуючих пластинок(3) Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20

Ширина зовнішніх оточуючих пластинок для плечової кістки становить $105,73 \pm 1,02$ мкм; для стегнової кістки – $107,82 \pm 1,20$ мкм; для великогомілкової

кістки – $104,91 \pm 1,13$ мкм. (Додатак, табл. 3.).

У середині розташований найбільш масивний остеонний шар. Він представлений кістковими пластинками, що згруповані в концентричні утворення – остеони. Майже всі остеони вторинні з чіткими контурами, утворені 15-20 пластинами з вузьким каналом. Поміж остеонів розташовані вставні пластини. Клітинний склад зони представлений в основному остеоцитами та поодинокими остеокластами. Діаметр остеонів та діаметр каналу остеонів для плечової кістки складає $31,12 \pm 0,22$ мкм та $13,17 \pm 0,07$ мкм; для стегнової кістки – $30,34 \pm 0,15$ мкм та $13,64 \pm 0,12$ мкм; для великогомілкової кістки – $32,09 \pm 0,31$ мкм та $13,72$ мкм.

Ближче до кістково мозкового каналу розташована зона внутрішніх генеральних пластинок, що з внутрішньої поверхні вкрита ендостом. Ця зона представлена кістковими пластинами з нерівними контурами, що концентрично обіймають кістковомозковий канал. Ширина зони для плечової кістки складає $75,04 \pm 0,35$ мкм; для стегнової – $80,14 \pm 0,58$ мкм; для великогомілкової кістки – $77,13 \pm 0,81$ мкм.

При вивченні хімічного складу кісток (Додатак, табл. 4.) зазначимо, що вміст води в кістках становить від $25,71 \pm 1,21$ % до $26,91 \pm 1,20$ %; мінеральних речовин – від $59,61 \pm 1,50$ % до $60,54 \pm 1,45$ %; кальцію – від $27,55 \pm 0,79$ % до $28,15 \pm 0,83$ %; натрію – від $1,78 \pm 0,10$ % до $1,79 \pm 0,12$ %; калію – від $1,08 \pm 0,13$ % до $1,11 \pm 0,12$ %; магнію – від $1,05 \pm 0,11$ % до $1,07 \pm 0,08$ %; міді – від $25,91 \pm 1,04$ % до $25,99 \pm 1,03$ %; марганцю – від $8,16 \pm 0,19$ % до $8,28 \pm 0,23$ %; цинку – від $416,22 \pm 3,21$ % до $417,35 \pm 3,20$ %; свинцю – від $4,76 \pm 0,07$ % до $4,81 \pm 0,06$ %.

Найбільш мінералізованою визначається великогомілкова кістка.

У зв'язку з тим, що нас, в основному, цікавить вплив фізичних навантажень в умовах екологічних чинників, до контролю ми віднесли також нетренованих тварин, які отримували опромінення дозою 0,2 Гр і солі важких металів відповідно екології Ямпільського, Середино – Будського і Шосткинського районів Сумської області.

3.1.2. Ріст і формоутворення кісток нетренованих тварин, які знаходились в умовах несприятливих екологічних чинників Сумщини (контрольні). При опроміненні дозою 0,2 Гр та споживанні солей важких металів відповідно Ямпільського, Середино – Будського, Шосткинського районів, що перевищують ПДК на 60 – 80%, довжина плечової кістки в першій групі (Додаток, табл. 5.) становить $20,57 \pm 0,20$ мм, у другій групі – $20,14 \pm 0,13$ мм, у третій групі – $19,55 \pm 0,19$ мм, стегнової кістки відповідно до груп – $26,55 \pm 0,24$ мм; $26,17 \pm 0,25$ мм; $25,39 \pm 0,19$ мм, великогомілкової кістки – $30,08 \pm 0,27$ мм; $29,43 \pm 0,27$ мм; $28,47 \pm 0,18$ мм, відповідно.

Найбільша ширина проксимального епіфіза плечової кістки – $3,99 \pm 0,20$ мм; $3,92 \pm 0,09$ мм; $3,82 \pm 0,07$ мм; стегнової кістки – $6,36 \pm 0,08$ мм; $6,32 \pm 0,05$ мм; $6,13 \pm 0,11$ мм, великогомілкової кістки – $5,62 \pm 0,04$ мм; $5,56 \pm 0,07$ мм; $5,47 \pm 0,12$ мм, відповідно до груп.

Найбільша ширина дистального епіфіза плечових кісток контрольних тварин відповідно групам складає: плечової кістки – $5,38 \pm 0,05$ мм; $5,28 \pm 0,10$ мм; $5,15 \pm 0,16$ мм; стегнової кістки – $5,42 \pm 0,08$ мм; $5,37 \pm 0,04$ мм; $5,23 \pm 0,05$ мм; великогомілкової кістки – $4,52 \pm 0,05$ мм; $4,44 \pm 0,02$ мм; $4,31 \pm 0,05$ мм.

Найбільша ширина діафіза плечової кістки: в першій групі становить $2,20 \pm 0,03$ мм, у другій групі – $2,21 \pm 0,04$ мм, у третій групі – $2,29 \pm 0,05$ мм, у стегнової кістки – $3,53 \pm 0,05$ мм; $3,59 \pm 0,03$ мм; $3,71 \pm 0,03$ мм, великогомілкової кістки – $2,17 \pm 0,02$ мм; $2,19 \pm 0,01$ мм; $5,26 \pm 0,03$ мм, відповідно.

Передньо – задній розмір діафіза плечової кістки відповідно до груп становить $2,31 \pm 0,03$ мм; $2,34 \pm 0,06$ мм; $2,37 \pm 0,03$ мм, стегнової кістки – $2,87 \pm 0,04$ мм; $2,88 \pm 0,04$ мм; $2,97 \pm 0,02$ мм, великогомілкової кістки – $2,65 \pm 0,02$ мм; $2,69 \pm 0,02$ мм; $2,76 \pm 0,04$ мм.

У даній серії тварин відбувається руйнація структури наросткового хряща. Прогресивно зменшується, порівняно з інтактними тваринами, кількість клітин, що формують проліферативну зону. Майже зникає межа між дефінітивним та проліферуючим хрящем, клітини майже не формують звичних "монетних" стовпчиків, а розміщені окремими групами, що оточені великою кількістю

сполучної речовини. Фігури мітозу поодинокі та зустрічаються на окремих препаратах. Відбувається вrostання судин у ростову зону. Клітини проліферуючого хряща набряклі та вакуолізовані, що свідчить про значне порушення їх функціонування. Зустрічається значна кількість без'ядерних та зруйнованих клітин. Зона деструкції значно розширена, з незначним вмістом клітин та збільшенням сполучної речовини.

Морфометрія наросткового хряща кісток тварин (Додаток, табл. 6.), які знаходилися під впливом екологічних чинників Сумщини: плечової кістки ширина дистального епіфізарного хряща в першій групі складає $210,75 \pm 2,17$ мкм, у другій групі – $204,60 \pm 1,79$ мкм, у третій групі – $191,99 \pm 1,75$ мкм; стегнової кістки – $197,89 \pm 1,92$ мкм; $192,48 \pm 2,52$ мкм; $171,18 \pm 1,74$ мкм, великогомілкової кістки – $188,98 \pm 2,21$ мкм; $183,18 \pm 1,95$ мкм; $164,56 \pm 1,89$ мкм.

Ширина зони індіферентного хряща плечової кістки становить $20,54 \pm 0,24$ мкм; $20,62 \pm 0,18$ мкм; $20,32 \pm 0,35$ мкм, стегнової кістки – $20,16 \pm 0,19$ мкм; $19,99 \pm 0,23$ мкм; $20,09 \pm 0,23$ мкм, великогомілкової кістки – $18,24 \pm 0,31$ мкм; $18,13 \pm 0,23$ мкм; $18,27 \pm 0,21$ мкм, відповідно.

Ширина зони проліферуючого та дефінітивного хрящів плечової кістки, відповідно до груп, становить $77,99 \pm 0,88$ мкм і $41,85 \pm 0,52$ мкм; $75,25 \pm 0,85$ мкм і $40,66 \pm 0,48$ мкм; $67,58 \pm 0,67$ мкм і $38,15 \pm 0,37$ мкм; стегнової кістки – $73,54 \pm 0,57$ мкм і $39,54 \pm 0,50$ мкм; $72,44 \pm 0,61$ мкм і $38,68 \pm 0,44$ мкм; $64,11 \pm 0,72$ мкм і $35,81 \pm 0,27$ мкм, великогомілкової кістки – $74,00 \pm 0,74$ мкм; $36,25 \pm 0,33$ мкм; $69,39 \pm 0,68$ мкм і $35,09 \pm 0,25$ мкм; $61,88 \pm 0,61$ мкм і $32,54 \pm 0,45$ мкм.

Ширина зони деструкції наросткового хряща в кістках контрольних тварин складає: плечової кістки - $87,81 \pm 1,04$ мкм; $89,57 \pm 0,59$ мкм та $91,89 \pm 0,88$ мкм, стегнової кістки – $87,76 \pm 0,59$ мкм; $90,51 \pm 0,82$ мкм; $93,43 \pm 0,86$ мкм; великогомілкової кістки – $88,58 \pm 0,89$ мкм; $90,02 \pm 0,88$ мкм; $90,02 \pm 0,88$ мкм; $93,58 \pm 0,79$ мкм, відповідно до груп.

У діяфізі переважають процеси резорбції над кісткоутворенням. Численні лінії склеювання на межі периосту та остеонного шару зливаються, остеобласти майже не забарвлюються. Остеокластичні порожнини резорбції межують із

гладкоклітинними, що заповнені сполучною чи молодого кістковою тканиною. Структура остеонного шару значно порушена, в першу чергу звивистими пронизуючими каналцями, зонами мозаїчного забарвлення та уламками вторинних остеонів. Значно збільшується кількість первинних остеонів з тонкими кістковими пластинками та широким каналом, що розташовані в різних площинах. Остеоцитарні лакуни місцями без остеоцитів, зливаються, утворюючи порожнини неправильної форми. Цитоплазма остеоцитів слабозабарвлена. Ендостальний шар розширений, з порожнинами резорбції та ділянками остеїду.

Вивчаючи морфометричні показники діяфіза кісток контрольної серії, були отримані наступні результати: ширина остеонного шару плечової кістки в першій групі становить $226 \pm 2,03$ мкм, у другій групі – $224,23 \pm 1,97$ мкм, у третій групі – $216,25 \pm 2,01$ мкм, стегнової кістки – $231,53 \pm 2,34$ мкм; $228,43 \pm 1,29$ мкм; $217,98 \pm 1,53$ мкм; великогомілкової кістки – $225,84 \pm 2,54$ мкм; $217,14 \pm 1,87$ мкм; $207,50 \pm 2,20$ мкм, відповідно (Додаток, табл. 7).

Ширина шару зовнішніх та внутрішніх оточуючих пластинок плечової кістки, відповідно до груп складає $117,74 \pm 1,13$ мкм і $86,54 \pm 0,98$ мкм; $118,99 \pm 1,09$ мкм і $87,66 \pm 0,78$ мкм; $121,63 \pm 1,28$ мкм та $89,11 \pm 0,98$ мкм, стегнової кістки – $122,65 \pm 1,63$ мкм і $91,39 \pm 1,06$ мкм; $124,16 \pm 1,19$ мкм і $92,31 \pm 0,92$ мкм; $127,88 \pm 0,79$ мкм і $95,46 \pm 1,02$ мкм; великогомілкової кістки – $120,99 \pm 1,31$ мкм і $91,32 \pm 0,92$ мкм; $122,73 \pm 1,40$ мкм і $92,33 \pm 0,85$ мкм; $118,42 \pm 1,10$ мкм і $94,95 \pm 1,15$ мкм.

Діаметр остеонів діяфіза плечової кістки становить $28,08 \pm 0,27$ мкм; $27,82 \pm 0,32$ мкм; $27,17 \pm 0,39$ мкм, стегнової кістки – $28,05 \pm 0,39$ мкм; $27,46 \pm 0,35$ мкм; $26,32 \pm 0,37$ мкм, великогомілкової кістки – $27,38 \pm 0,32$ мкм; $26,97 \pm 0,23$ мкм; $25,73 \pm 0,36$ мкм, відповідно.

Діаметр каналу остеонів діяфіза плечової кістки, відповідно до груп, становить $14,75 \pm 0,14$ мкм; $14,87 \pm 0,13$ мкм; $15,13 \pm 0,21$ мкм, стегнової кістки – $15,68 \pm 0,10$ мкм; $15,87 \pm 0,14$ мкм; $16,29 \pm 0,09$ мкм, великогомілкової кістки – $15,78 \pm 0,15$ мкм; $15,86 \pm 0,17$ мкм; $16,33 \pm 0,16$ мкм.

Хімічний склад кісток представлений у табл. 8 - 9 (в додатках).

3.2. Морфологічні зміни довгих кісток експериментальної серії тварин, які перебували в умовах екології Ямпільського району Сумської області

3.2.1. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних динамічних навантажень, опромінення і солей цинку та міді. Під дією опромінення дозою 0,2 Гр та вживання солей важких металів Ямпільського району (R+Ся) в комбінації з помірними динамічними фізичними навантаженнями при остеометричному дослідженні встановлено, що максимальна довжина плечової, стегнової, великогомілкової кісток, порівняно з інтактними тваринами, зменшуються незначно – на 5,88 %; 5,02 %; 6,03 %, відповідно. Але по відношенню до контрольних тварин ця різниця, навпаки, більша на 4,41 %; 6,03 %, 4,26 %, відповідно (рис.3.3).

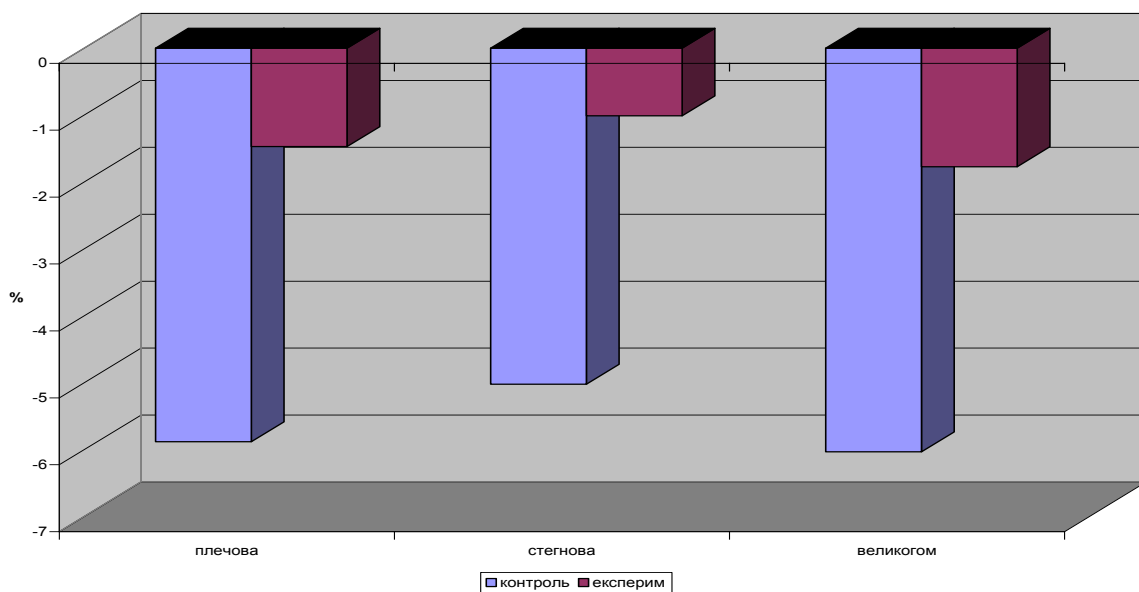


Рис.3.3. Відсоткове співвідношення довжини довгих кісток щурів експериментальної групи 3.2.1.

Ширина проксимального епіфіза плечової кістки у зіставленні з інтактними тваринами зменшилась на 5,04 %; стегнової кістки - на 5,03 %; великогомілкової - на 4,86 %, а по відношенню до контрольних тварин різниця вища на 4,06 %; 4,62 %; 2,97 %. Така ж тенденція помічена і для дистального епіфіза. У плечовій, стегновій, великогомілковій кістках, по відношенню до інтактних тварин, різниця менша на

5,07 %; 4,93 %; 5,08 %, а по відношенню до контрольних тварин – більша: на 3,52 %; 5,89 % та 4,59 %.

Ширина середини діяфіза та передньо – задній розмір досліджених кісток істотно не відрізнялися від інтактних тварин, а по відношенню до контрольних тварин ці показники менші на 4,14 % і 3,80 %; 5,70 % і 4,30 %; 5,09 % і 4,66 %, відповідно.

При порівнянні поперечних розмірів привертає увагу превалювання змін в епіфізах над діяфізами. Відхилення розмірів, які ми спостерігали, більш значні у кістках задніх кінцівок, особливо у великогомілковій.

Наростковий хрящ тварин експериментальної серії якісно майже не змінюється після помірних динамічних навантажень (рис.3.4). Він представлений згрупованими в зони хондроцитами різного ступеня диференціювання. Чітко розрізняються всі 5 зон ростової пластинки: індиферентного, проліферуючого, дефінітивного хряща, зони деструкції та кальцифікації. Клітини кожної зони мають типову будову, чітко виражені фігури мітозу в зоні "монетних стовпчиків".

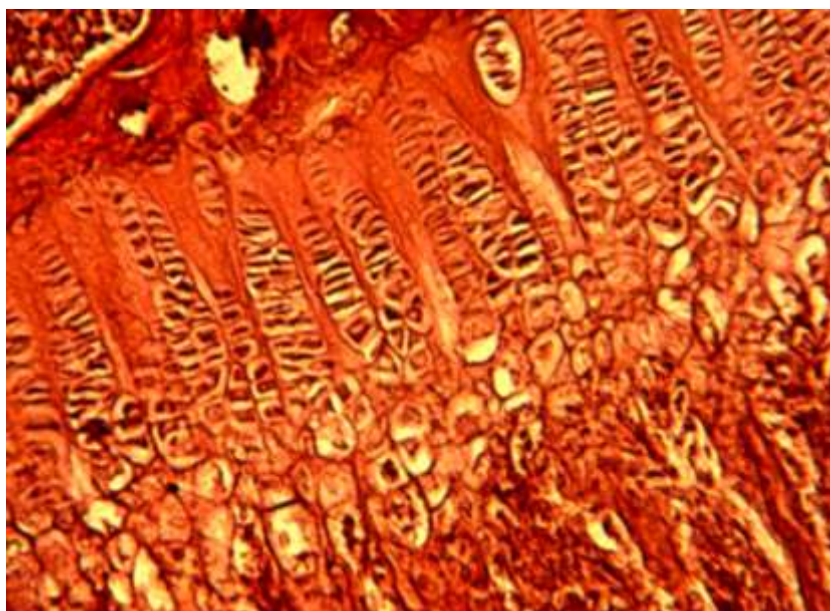


Рис.3.4. Проксимальний епіфізарний хрящ великогомілкової кістки щура під впливом помірних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cu. Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Морфометрично відмічається звуження хряща плечової кістки, порівняно з інтактними тваринами, на 6,75 %; стегнової кістки - на 6,92 %; великогомілкової кістки, відповідно, – на 6,79 %. Ширина проліферуючого та дефінітивного хрящів плечової кістки звужена на 6,92 % і 5,93 %; стегнової кістки – на 7,89 % і 6,73 %; великогомілкової кістки - на 8,11 % і 6,98 %. Натомість відбувається розширення зони деструкції на 5,73 %, 5,93 %, 7,39 % відповідно до досліджуваних кісток.

По відношенню до контрольних тварин хрящ розширений на 5,54 %, 9,72 %, 11,09 %. Ширина проліферуючого та дефінітивного хряща плечової кістки збільшується на 8,61 % і 4,93 %; стегнової кістки – на 11,19 % і 7,95 %; великогомілкової кістки – на 9,32 % і 9,27 %. Зменшується зона деструкції на 4,53%; 4,52 % та 5,65 %, відповідно.

Морфоструктура середини діафіза довгих кісток тварин після помірних динамічних навантажень також майже незмінна (рис. 3.5).

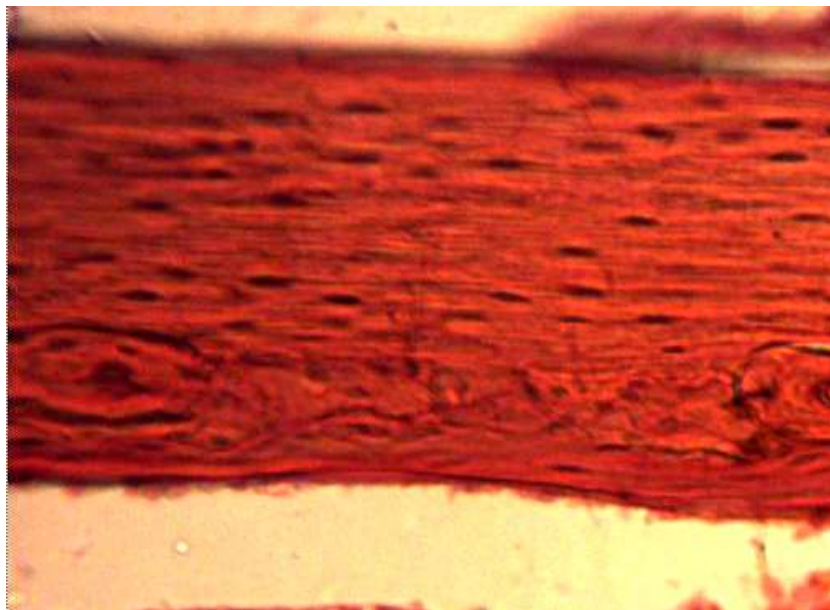


Рис. 3.5. Діафіз великогомілкової кістки щура під впливом помірних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cu. Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20

Чітко помітні периостальний, остеонний та ендостальний шари. Зовнішня поверхня діафіза вміщує велику кількість незамкнених судинних порожнин, відкритих у бік периосту. В периостальній зоні спостерігається велика кількість

остеобластів. Остеонний шар добре виражений із чітко контурованими вторинними остеонами. Ядра остеоцитів чітко забарвлені, поодинокі клітини зі зморщеними ядрами. Пластинки ендостального шару чітко виражені на всіх препаратах.

Але при кількісній оцінці мікропрепаратів помітно незначне порушення перебудови кістки. Відбувається звуження остеонного шару плечової кістки у порівнянні з інтактними тваринами на 6,18 %; стегнової кістки на – 5,19 %; великогомілкової кістки – на 5,79 %. Одночасно відбувається розширення шарів зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок, відповідно, на 5,60 % і 5,82 % – в плечовій; на 5,69 % і 5,49 % – у стегновій; та на 5,16 % і 6,04 % – у великогомілковій кістках. Діаметр остеонів плечової кістки зменшується на 4,88 %, а діаметр каналу остеона більший на 5,93 %; для стегнової кістки різниця складає 6,03 % і 5,93 %, для великогомілкової кістки становить 6,02 % і 5,86 %, відповідно. По відношенню до контрольних тварин ширина остеонного шару, навпаки, розширена на 7,74 %; 11,74%; 10,35 %, водночас відбувається звуження зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок у плечовій кістці на 4,98 % і 5,67 %; у стегновій кістці – на 6,35 % і 8,26 %; у великогомілковій кістці – на 9,01 % і 8,78 %, відповідно. Якщо діаметр остеона збільшується на 4,13 %, 4,18 %, 5,12 %, то діаметр каналу остеона звужується на 4,0%; 5,63 % та 7,39 %, відповідно (рис.3.6).

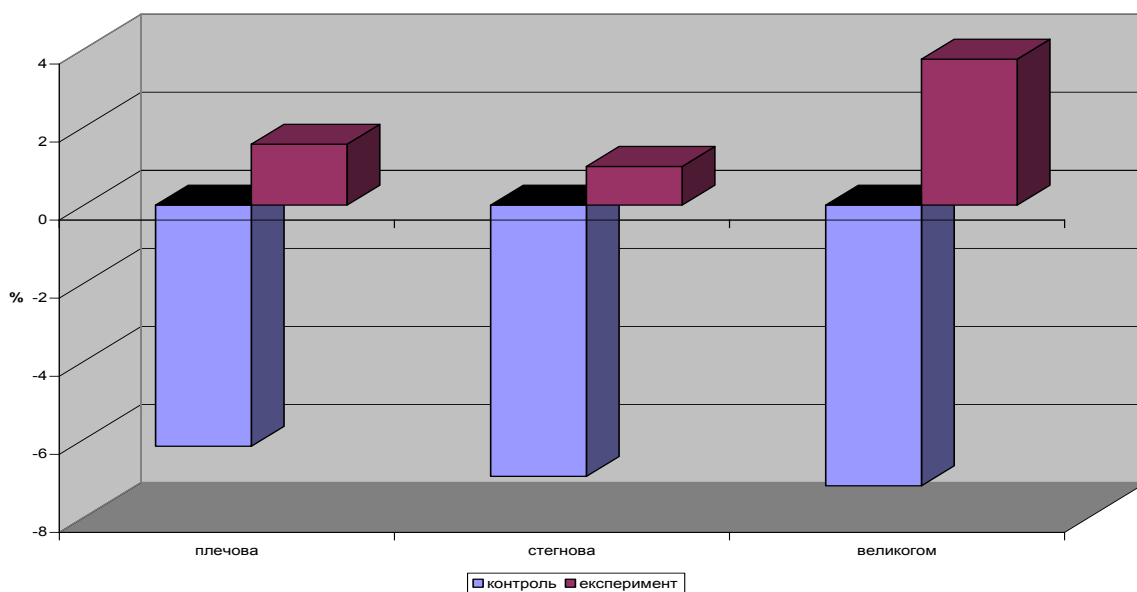


Рис.3.6. Відсоткове співвідношення ширини остеонного шару діафіза довгих кісток щурів експериментальної групи 3.2.1

Хімічні показники кісток даної серії після експерименту у плечовій, стегновій, великогомілковій кістках характеризуються зниженням, порівняно з інтактними тваринами, вмісту кальцію на 6,38 %; 6,98 %; 8,66 %, загалом мінеральних речовин – на 6,44 %; 7,97 %; 7,56 %, магнію – на 4,43 %; 5,93 %; 5,29 %, марганцю – на 5,68%; 6,01%; 6,88 %. Вміст інших компонентів збільшений: вологи – на 6,44 %; 6,17 %; 5,90 %, натрію, калію та свинцю у плечовій кістці – на 5,79 %, 5,83 % та на 2,55 %; у стегновій кістці – на 5,37 % і 5,62 %; у великогомілковій кістці – на 6,78% і 5,92 %; міді – на 5,41 %; 6,77 %; 7,34 %, цинку – на 7,11 %; 5,08 %; 5,68 %.

По відношенню до контрольних тварин у цих кістках відмічається зниження вмісту натрію на 4,32 %; 7,02 %; 5,81 %, калію – 3,30 %; 4,81 %; 5,36 %, вологи – на 5,57 %; 10,04 %; 8,61 %, свинцю - на 1,36 % міді – на 7,42 %, 7,44 %; 9,03 %, цинку – на 4,53 %; 6,47 %; 6,63 %, марганцю – на 6,07 %; 6,93 %; 6,42 % та збільшення кальцію на 8,61 %; 10,51 %; 9,85 %; мінеральних речовин – на 9,14 %; 9,85 %; 8,66%, магнію в плечовій кістці – на 4,69 %, великогомілковій – на 5,5 % і свинцю в стегновій та великогомілковій кістках менше на 1,83 %, 1,99 %.

3.2.2. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних динамічних навантажень, опромінення і вживання солей цинку та міді. У даній під групі експериментальних тварин довжина плечової, стегнової, великогомілкової кісток, порівняно з інтактними тваринами, значно знижується – на 19,35 %; 19,04 %; 16,92 %, а по відношенню до контрольних тварин – на 9,06 %; 7,99%; 6,63 %.

Ширина проксимального та дистального епіфізів плечової кістки зменшується на 20,94 % і 23,77 %, стегнової кістки - на 19,55 % і 19,58 %, великогомілкової кістки – на 12,66 % і 14,81 %, порівняно з інтактними тваринами, а по відношенню до контрольних тварин ця різниця складає 11,84 % і 15,18 %; 9,90 % і 8,76 %; 4,83 % і 5,14 %, відповідно.

Ширина середини діяфіза та передньо-задній розмір досліджених кісток збільшуються в порівнянні з інтактними тваринами на 20,06 % і 23,46 %; 17,92 % і

19,33 %; 15,39 % і 17,44 %. По відношенню до контрольних тварин ці показники плечової кістки збільшуються на 10,94 % і 14,60 %; стегнової – на 7,69 % і 9,70 %; великогомілкової – на 5,13 % і 7,81 %, відповідно.

При якісній оцінці гістологічних препаратів наростковий хрящ із нерівними контурами різко звужений.

Ширина проліферуючого хряща значно зменшена, клітини формують стовпчики, які орієнтовані в різних площинах, кількість хондроцитів знижена. Клітини неправильної (сплющеної та полігональної) форми, багато з них із напівзруйнованим ядром та гігантськими вакуолями. Сполучна речовина відділяє клітини в ізогенні групи та порушує стовпчастість зони. Межа із дефінітивним хрящем майже не розрізняється. Найбільш виражені зміни визначаються у великогомілкових кістках. Клітини зони різко вакуолізовані, забарвлюються нечітко, ядра пікнотичні або зруйновані. У масивах сполучної речовини розміщені вогнища некрозів. На межі із зоною деструкції велика кількість уламків клітин. Зона деструкції представлена хаотично розміщеними хондроцитами та значною кількістю сполучної речовини (рис.3.7).

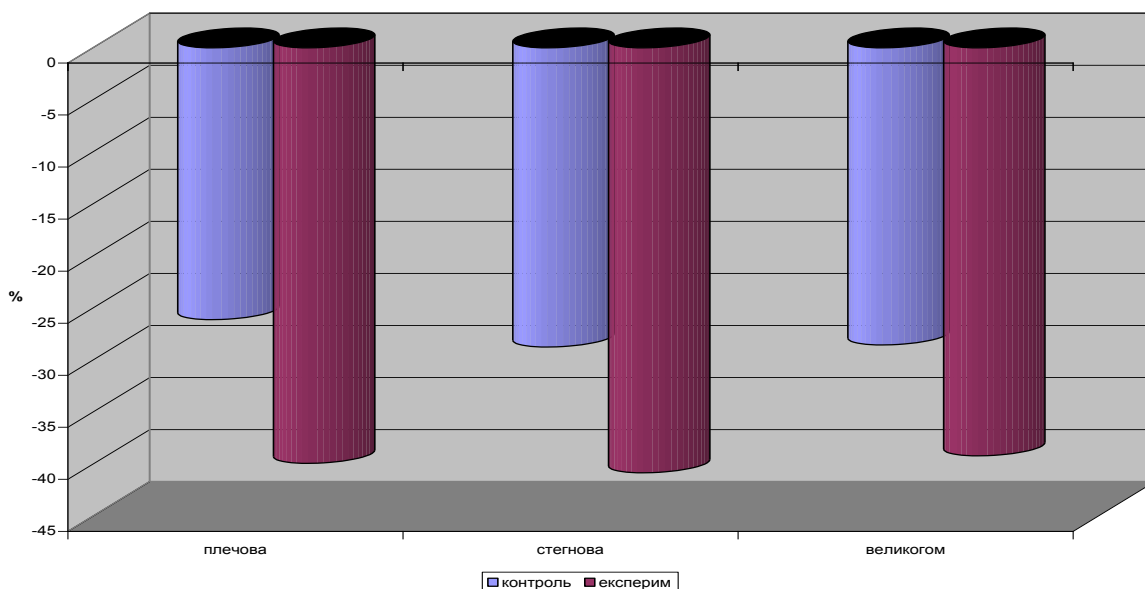


Рис.3.7. Відсоткове співвідношення ширини епіфізарного хряща довгих кісток щурів експериментальної групи 3.2.2.

Порівняно з інтактними тваринами, ширина хряща плечової кістки звужена на 26,10 %; стегнової кістки – на 28,73 %; великогомілкової кістки – на 28,53 %, в

основному за рахунок зменшення ширини проліферуючого та дефінітивного хрящів цих кісток на 29,11 % і 26,44 %; 32,15 % і 26,88 %; 32,15 % і 29,59 % відповідно.

Ширина зони деструкції, навпаки, більша на 23,18 %; 22,5 %; 25,72 %. По відношенню до контрольних тварин ширина хряща зменшується на 13,81 %; 12,09%; 10,65 %, ширина проліферуючого та дефінітивного хрящів плечової кістки – на 13,58 % і 15,58 %, стегнової – на 13,07 % і 12,2 %, великогомілкової – на 14,72 % і 13,34 %. Тим часом ширина зони деструкції більша на 12,92 %; 12,09 % та 12,68 %, відповідно

У діяфізі більш розширений ендостальний шар відтісняє до периосту остеонну зону, яка втрачає свою звичну будову (рис. 3.8).

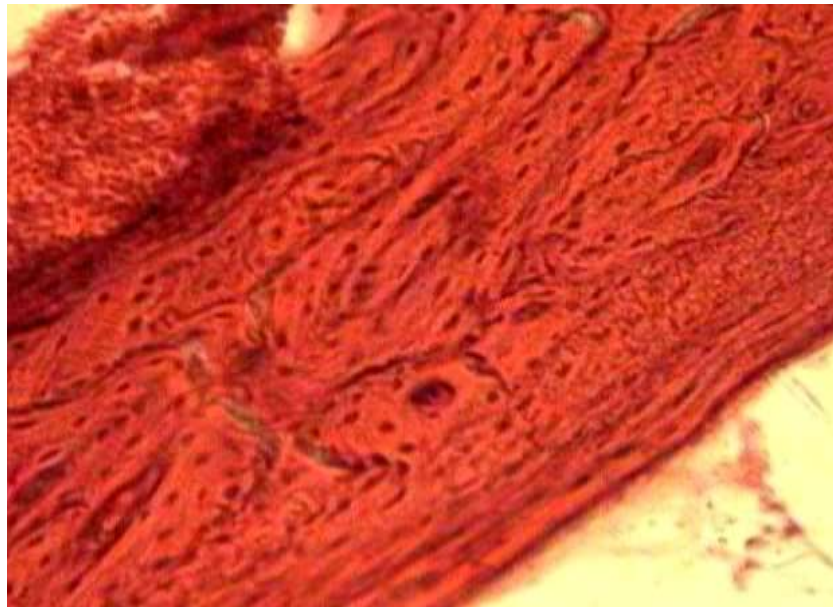


Рис. 3.8. Діафіз стегнової кістки щура під впливом інтенсивних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cu. Остеони еліпсоподібної форми з широкими каналами (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20

В ній переважають первинні остеони еліпсоподібної форми з широкими каналами, порожнини гладкоклітинної та остеокластичної резорбції займають значну площу компактної речовини. Більшість із них виповнені остеїдною

тканиною. Ділянки мозаїчного забарвлення, великого розміру та неправильної форми. На межі периостального та остеонного шарів відмічаються лінії склеювання, хвилястої форми, що місцями зливаються. Остеобласти та остецити майже не забарвлюються, утворюючи видимість порожнин та розривів у компактній речовині. Біля кістковомозкового каналу зустрічається грубоволокниста кісткова тканина.

Ширина остеонного шару плечової кістки звужена, порівняно з інтактними тваринами, на 27,19 %; стегнової кістки – на 28,18 % та великогомілкової кістки – на 26,34 %. Одночасно відбувається розширення зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок цих кісток на 24,94 % і 24,81 %; 23,20 % і 24,10 %; 23,83 % і 27,20 %. Діаметр остеонів у кістках зменшується на 22,10 %; 22,44 % та 22,03 %, тоді як діаметр каналу остеона в цих кістках збільшується на 22,94 %; 23,85 %; 24,12%.

По відношенню до контрольних тварин ці показники менші: ширина остеонного шару плечової кістки звужена на 13,27 %, стегнової – на 11,25 %, великогомілкової – на 10,02 %. Ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок, навпаки, розширена: у плечовій кістці - на 14,36 % і 13,32 %, у стегновій – на 11,16 % і 10,35 %, у великогомілковій кістці – 9,66 % і 12,38 %, відповідно. Діаметр остеонів менший на 13,01 %; 12,33 %; 10,89 %, а діаметр каналу розширений на 13,01 %; 12,39 %; 10,87 %.

Після інтенсивних навантажень та впливу екологічних чинників, у порівнянні з інтактними щурами, відбувається значне зниження вмісту кальцію: у плечовій кістці на 29,85 %, у стегновій кістці – на 28,71 %, у великогомілковій – на 29,58 %, мінеральних речовин – на 27,61 %; 25,46 %; 26,91 %, магнію – на 18,54 %; 19,83 %; 21,89 %, марганцю – на 20,52 %; 19,66 %; 22,31 %. Одночасно відбувається збільшення вмісту води на 25,33 %; 26,89 %; 24,59 %, натрію – на 19,81 %; 21,57%; 22,31%, калію – на 18,92 %; 19,94 %; 20,46 %, міді – на 4,93 %; 24,12 %; 4,66%, цинку – на 20,53 %; 19,35 %; 22,56 %, відповідно.

По відношенню до контрольних тварин відмічено зниження вмісту мінеральних речовин у плечовій кістці на 12,03 %, у стегновій – на 7,64 %, у великогомілковій кістці – на 10,69 %, кальцію – на 14,86 %; 11,22 %; 11,07 %, магнію – на 9,42 %; 10,27 %; 11,01 %, марганцю – на 6,07 %; 6,93 %; 6,42 %, цинку – на 10,87 %; 10,87 %; 10,87 %.

відповідно. Визначається збільшення вологи у плечовій кістці на 13,32 %, у стегновій – на 10,68%, у великогомілковій – на 10,07 %; натрію – на 9,07 %; 9,18 %; 9,72 %; калію – на 9,79 %; 9,51 %; 9,18 %, міді–на 7,90 %; 9,91 %; 11,71 %, цинку–на 8,89 %; 7,80 %; 10,25% (рис.3.9).

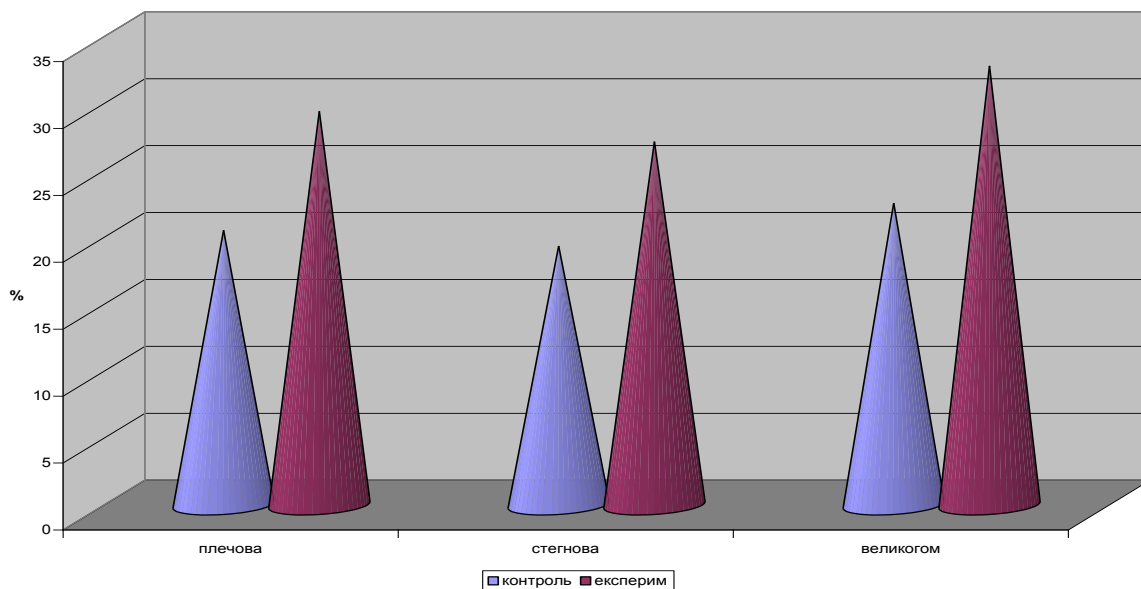


Рис.3.9. Відсоткове співвідношення вмісту цинку в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.2.4.

3.2.3. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних статичних навантажень, опромінення і вживання солей цинку та міді. Після місячного експерименту довжина кісток цієї групи тварин менша за інтактних: на 7,79 %; – плечової, на 8,81 % – стегнової та на 9,75 % – великогомілкової. А по відношенню до контрольної цей розмір, навпаки, більший на 2,5 %; 2,24 %; 0,54 %, відповідно.

Ширина проксимального та дистального епіфізів досліджених кісток, порівняно з інтактними тваринами, зменшується незначно й різниця становить: плечової кістки на 7,32 % і 6,46 %, стегнової – на 9,3 % і 7,81 %, великогомілкової –

на 8,26 % та 8,39 %. По відношенню до контрольних тварин ці розміри, навпаки, більші - на 1,78 % і 2,13 %; 1,72 % і 3,01 %; 0,43 % і 1,28 %, відповідно.

Ширина середини діяфіза плечової, стегнової та великогомілкової кісток тварин, у порівнянні з інтактними тваринами, через місяць знижується на 6,84 %; 7,84 % та 8,23 %, а по відношенню до контрольних тварин – на 2,28%; 2,39%; 2,03%.

Передньо-задній розмір досліджених кісток, у порівняно з інтактними тваринами, зростає в плечовій, стегновій, великогомілковій кістках на 8,03%, 7,93% і 8,23%, по відношенню до контрольних тварин – зменшується на 0,83%; 1,7%; 1,4%.

Наростковий хрящ кісток даної групи має майже типову будову (рис.3.10).

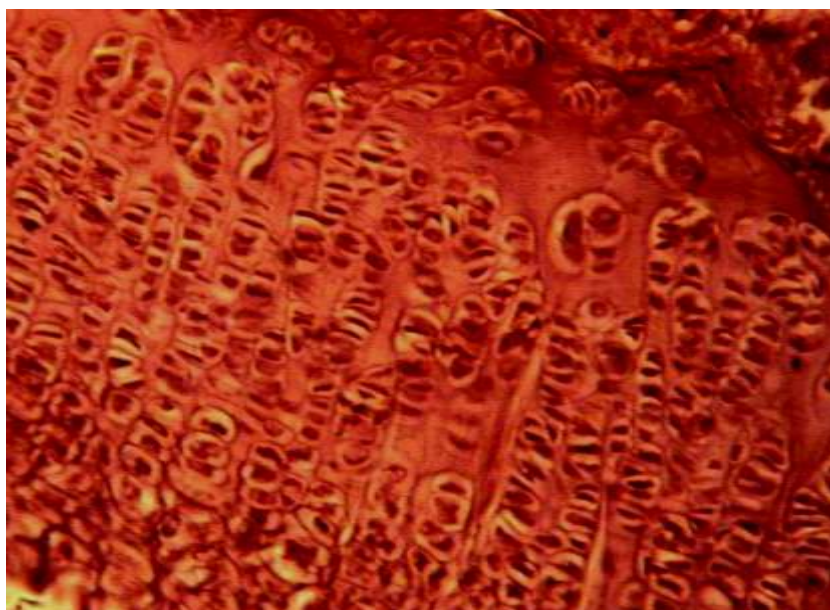


Рис. 3.10. Проксимальний епіфізарний хрящ плечової кістки щура під впливом помірних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cu. Зона індиферентного хряща (1), зона проліферуючого хряща (2), зона дефінітивного хряща (3), зона деструкції (4). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Чітко виражені всі зони ростової пластинки: індиферентна, проліферуюча, дефінітивна, деструкції та первинного остеогенезу. В окремих ділянках проліферативної зони з'являються сплющені хрящові клітини без фігур мітозу.

Збільшена кількість сполучної речовини поміж хондроцитів. Утворення нової кісткової речовини уповільнене, кісткові балки витончені, збільшена кількість хрящових острівців у зоні остеогенезу. Відмічається нерівномірність забарвлення проміжної речовини. Поодинокі хрящові клітини знаходяться на різних стадіях розвитку та диференціювання.

Ширина епіфізарного хряща плечової кістки менша за інтактних тварин на 10,21 %; стегнової кістки – на 11,23 %; великогомілкової кістки – на 12,39 %. Ширина шару проліферуючого та дефінітивного хрящів цих кісток менша відповідно на 10,93 % і 9,21 %; 13,97 % і 10,38 %; 14,69 % і 12,52 %. Зона деструкції розширена на 6,92 %; 9,11 %; 10,53 %, відповідно.

По відношенню до контрольних тварин ширина хряща збільшується на 2,08 %, 5,41 %, 5,49 %. Одночасно збільшується ширина шару проліферуючого та дефінітивного хрящів плечової кістки на 4,6 % і 1,65 %, стегнової – на 5,11 % і 4,3%, великогомілкової – на 2,74 %, і 3,73 %. Після помірних статичних навантажень зона деструкції зменшується відповідно на 3,34 %, 1,34 %, 2,51 %.

Гістологічна картина компактної речовини діафіза даної групи тварин також відрізняється від норми (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Діафіз стегнової кістки щура під впливом помірних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cu. Шар зовнішніх генеральних пластинок (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.10

Шар зовнішніх генеральних пластинок представлений кістковими пластинами, що перекривають одна одну. Біля ендоста секретуючі остеобласти виявляються дуже рідко, вони погано сприймають барвники. На деяких препаратах відмічено появу тонких ліній склеювання як показник затримки перебудови кістки. Остеонний шар представлений типовими вторинними остеонами та вставними пластинами. Остеоцити, що розміщені в лакунах кісткового матриксу, мають розгалужену сітку каналців, у яких атрофовані або зруйновані відростки, слабо сприймаючі барвники. Пластинки ендостального шару повністю охоплюють кістковомозкову порожнину, відмічається нерівномірність їх забарвлення.

Зміни в діяфізі морфометрично характеризуються звуженням остеонного шару плечової кістки, у порівнянні з інтактними тваринами, на 10,04 %, стегнової – на 12,47 %; великогомілкової – на 13,75 %, та розширенням зон зовнішніх на 7,86 %, 11,32 %, 10,00 % та внутрішніх генеральних пластинок – на 9,01 %, 11,32 %, 10,57%, відповідно. Діаметр остеонів менший на 6,92 %, 8,21 %, 9,21 %. Натомість діаметр їх каналів збільшується на 8,59 %, 10,18 %, 10,04 % (рис.3.12).

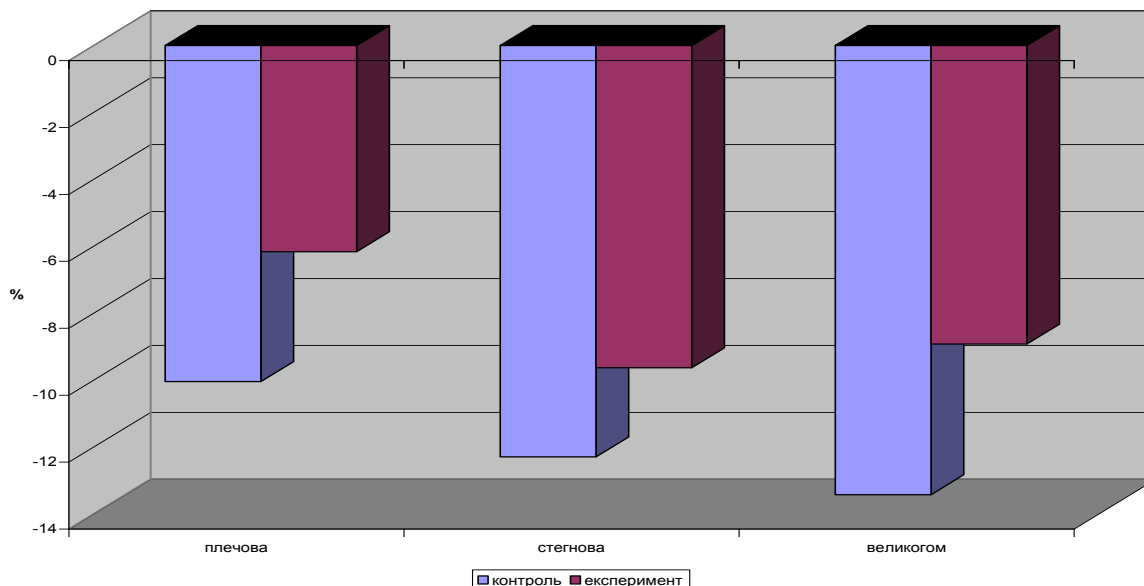


Рис.3.12. Відсоткове співвідношення ширини остеонного шару діяфіза довгих кісток щурів експериментальної групи 3.2.3.

По відношенню до контрольних тварин ширина остеонного шару в плечовій кістці збільшується на 3,88%, у стегновій – на 2,39%, у великогомілкової – на 4,46%, а ширина шару як зовнішніх, так і внутрішніх генеральних пластинок звужується на

2,72 % і 2,48 %; 2,85 % і 3,5 %; 2,04 % і 3,18 %, відповідно. Водночас збільшується діаметр остеонів на 2,09 %; 2,0 %; 1,93 %, але зменшується діаметр каналу остеона на 1,34 %; 1,38 %; 3,21 % плечової, стегнової та великогомілкової кісток

При хімічному дослідженні довгих кісток відмічено, порівняно з інтактними тваринами, збільшення в плечовій, стегновій та великогомілковій кістках вологи на 9,13 %; 10,29 %; 10,93 %, натрію – на 8,31 %; 7,58 %; 9,33 %, калію – на 7,71 %; 7,59%; 9,53 %, міді – на 8,85 %; 10,24 %; 10,92 %, цинку – на 8,91 %; 7,95 %; 7,02 %. Одночасно зменшується вміст мінеральних речовин на 11,07 %; 12,63 %; 12,42 %; кальцію – на 10,51 %; 12,65 %; 12,73 %, магнію – на 7,58 %; 7,89 %; 7,35 %, марганцю – на 7,94 %; 8,48 %; 9,04 %.

По відношенню до контрольних тварин вміст води у плечовій кістці, навпаки, зменшується на 2,88 %, у стегновій – на 5,92 %, у великогомілковій – на 3,58 %, а також натрію – на 1,80 %; 4,81 %; 3,26 %, калію – на 1,42 %; 2,84 %; 1,42 %; 1,75 %, міді – на 3,98 %; 3,97 %; 3,98 %; 5,45 %, цинку – 2,73 %; на 3,6 %; 5,29 %.

3.2.4. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних статичних навантажень, опромінення і вживання солей цинку та міді. При остеометричному дослідженні кісток даної підрупи тварин встановлено, що максимальна довжина плечової, стегнової та великогомілкової кісток зменшується стосовно інтактних щурів на 14,70 %; 15,22 %; 14,28 %, а по відношенню до контрольних тварин різниця становить 4,41 %; 4,17 %; 3,99 %, відповідно.

Ширина проксимального та дистального епіфізів плечової кістки, порівняно з інтактними тваринами, зменшується на 14,93 % і 16,36 %; стегнової – на 15,10 % і 15,93 %; великогомілкової – на 10,93 % і 10,24 %. По відношенню до контрольних тварин ці цифри значно нижчі - на 5,83 % і 7,77 %; 5,45 % і 5,11 %; 3,1 % і 0,57 %, відповідно.

Ширина середини діафіза та передньо-задній розмір досліджених кісток, у порівнянні з інтактною групою, зростає на 16,88 % і 16,94 %; 12,72 % і 14,28 %;

12,02 % і 16,11 %, а по відношенню до контрольних тварин ці показники менші і становлять у плечовій кістці - 7,76 % і 8,08 %, у стегновій – 2,49 % і 4,65 %, у великогомілковій – 1,76 % і 6,48 %.

У наростковому хрящі досліджуваних кісток (рис. 3.13) збільшується кількість сполучної речовини, руйнуючи стовпчасту будову зон.

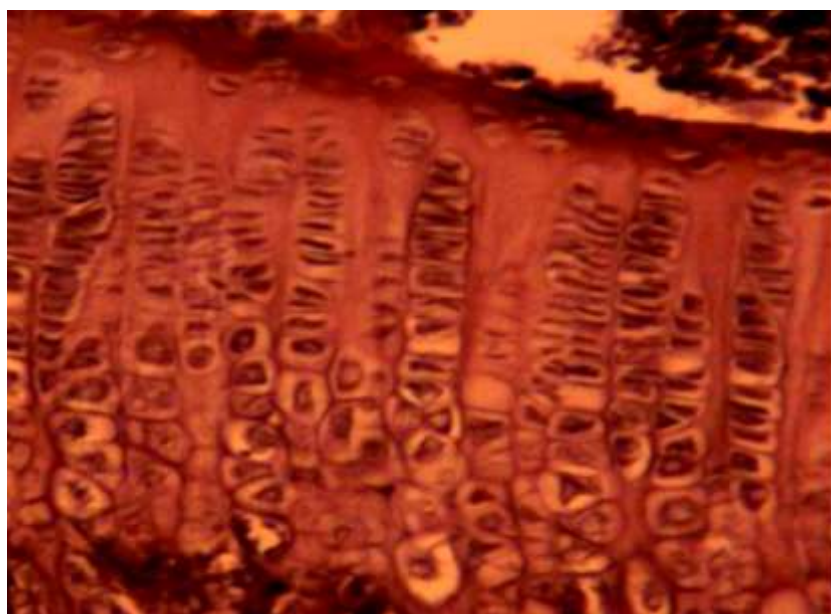


Рис. 3.13. Проксимальний епіфізарний хрящ стегнової кістки щура під впливом інтенсивних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cu. Велика кількість сполучної речовини, руйнуючи стовпчасту будову зон (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Фігури мітозу поодинокі. Збільшується вміст атипкових клітин. Дефінітивний хрящ майже не виявляється і зливається із зоною деструкції. Хондроцити проліферативної зони мають овальну форму, їх ядра зморщені, цитоплазма еозинофільна. Мітотична активність клітин різко пригнічена. З боку хондроцитів дефінітивного хряща відмічається зменшення клітин, ядро часто пікнотично зморщене. Орієнтація клітин набуває хаотичного характеру. Між стовпчиками хондроцитів збільшується кількість проміжної речовини з ознаками дистрофічних змін. Зона деструкції представлена зруйнованими хондроцитами, в яких з'являються

ознаки кальцифікації, що засвідчується зміною забарвлення.

Морфометричне дослідження епіфізарного хряща показало його звуження в порівнянні з інтактними тваринами, у плечовій кістці на 21,39 %, у стегновій – на 21,59 %, у великогомілковій – на 23,62 %. Звуження ростової зони відбувається за рахунок шару проліферуючого та дефінітивного хрящів, ширина яких менша відповідно на 22,59 % і 19,81 % – у плечовій на; 26,19 % і 19,97 % – у стегновій; на 24,29 % і 23,51 % – у великогомілковій кістках. Зона деструкції розширена відповідно на 16,29 %; 17,66 %; 21,15 %.

По відношенню до контрольних тварин ширина наросткового хряща зменшується незначно – на 9,1 %; 4,95 %; 5,74 %. Також продовжується звуження зон проліферуючого та дефінітивного хрящів у плечовій кістці на 7,06 % і 8,95 %, у стегновій – на 7,11 % і 5,29 % у великогомілковій – на 6,86 % і 7,26 %. Разом с тим зона деструкції помітно розширена на 6,03 %, 7,21 %, 8,11 %, відповідно. Ширина індиферентного хряща істотно не змінюється.

У діяфізі збільшується кількість ліній склеювання в зоні зовнішніх генеральних пластинок. Вогнища резорбції займають значні площини та заповнені сполучною тканиною. Кількість первинних остеонів значно збільшується. Різко зменшується кількість клітин в ендостальній зоні, що свідчить про пригнічення остеогенезу. З'являється велика кількість багатоядерних остеокластів, що прискорюють резорбцію кістки.

У порівнянні з інтактними тваринами, остеонний шар плечової кістки звужений на 19,05 %; стегнової кістки – на 21,42 %; великогомілкової кістки – на 22,44 %. Ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок цих кісток збільшується на 17,83 % і 18,53 %; 18,76 % і 22,44 % та 18,30 % і 19,44 %, відповідно. Діаметр остеонів зменшується у плечовій кістці на 15,82 %, у стегновій – на 16,07 %; у великогомілковій кістці – на 17,28 %. Водночас діаметр каналу остеона в цих кістках більший на 18,02 %; 18,44 %, 19,21 %. По відношенню до контрольних тварин ширина остеонного шару менша на 5,13 %; 5,28 %; 5,51 %, а ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок вища у плечовій кістці на 7,25 % і 7,04 %, у стегновій – на 4,59 % і 7,62 % у великогомілковій – на 6,26 % і

5,69 %. Одночасно діаметр остеона зменшується – на 6,81 %; 5,86 %; 6,14 % з розширенням діаметра каналу остеона на 8,09 %; 6,88 % та 5,96 %, відповідно.

Після даного місячного експерименту в скелеті тварин відбуваються значні зміни хімічного складу. Так вміст води, порівняно з інтактними щурами, в плечовій кістці збільшується на 18,56 %, у стегновій – на 21,77 %, у великогомілковій – на 19,25 %, натрію та калію – на 15,93 % і 13,49 %; 18,62 % і 15,47 %; 16,29 % і 16,77 %, міді – на 6,45 %; 19,62 %; 7,72 %, цинку – на 16,93 %; 15,41 %; 17,48 %. Одночасно зменшується вміст мінеральних речовин на 21,52 %; 23,02 %; 21,31 %, кальцію – на 22,58 %; 24,58 %; 23,41 %, магнію – на 13,09 %; 15,77 %; 16,28 %, марганцю – на 17,48 %; 15,04 %; 19,59 %, відповідно.

По відношенню до контрольних тварин відмічено зменшення вмісту мінеральних речовин у плечовій кістці на 5,94 %, у стегновій – на 5,20 %, у великогомілковій – на 5,09 %, кальцію – на 7,59 %; 7,09 %; 4,09 %, магнію – на 3,97 %; 6,21 %; 5,49 %, марганцю – на 3,03 %; 2,31 %; 3,7 %. Збільшується вологість кісток на 6,55 %; 5,56 %; 4,74 %, гідрофільних елементів натрію і калію – на 5,82 % і 4,36 %; 6,23 % і 5,04 %; 3,7 % і 5,49 %, мідь – на 6,38 %; 5,41 %; 8,65 %, цинк – на 5,29 %; 3,86 %; 5,17 % у плечовій, у стегновій і у великогомілковій кістках, відповідно (рис.3.14).

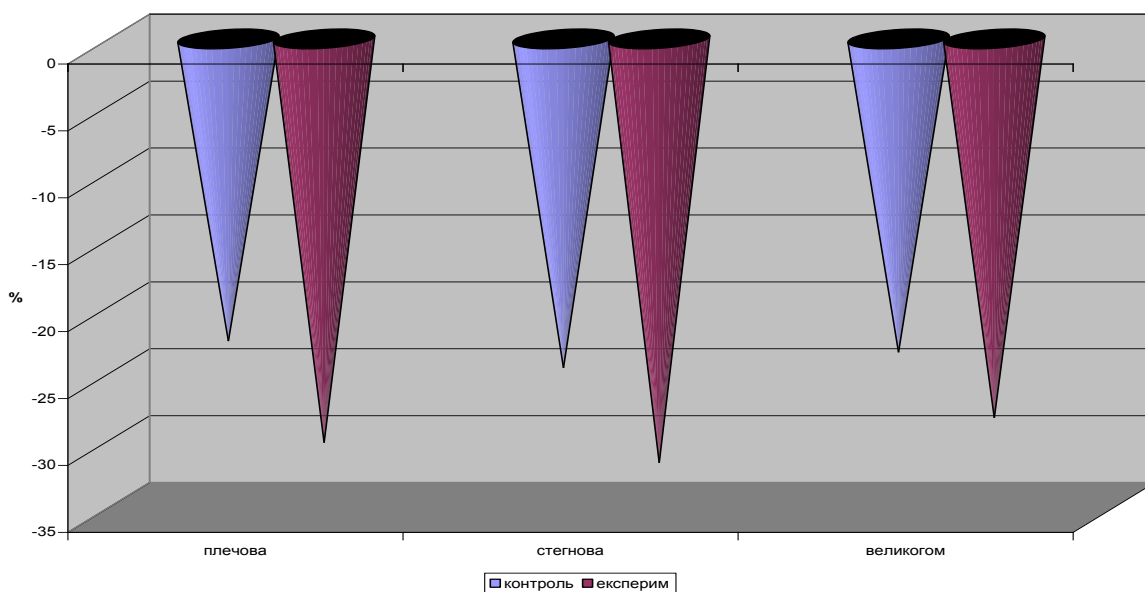


Рис.3.14. Відсоткове співвідношення вмісту кальцію в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.2.4.

Таким чином, інтенсивні статичні та динамічні навантаження у комплексі з дією чинників зовнішнього середовища підсилюють несприятливі зміни в довгих трубчастих кістках, що проявляється в значному звуженні їх епіфізарних хрящів, згладжуванні окремих зон, зменшенні кількості проліферуючих хондроцитів, перетворенні структури діафіза кістки.

Навпаки, помірні фізичні навантаження є корегуючим фактором впливу опромінення та солей важких металів на ріст і формоутворення довгих кісток скелета, частково нівелюючи шкідливий вплив екології Ямпільського району Сумської області.

Результати даного підрозділу опубліковані в наукових працях [142,143,180,181,182].

3.3. Морфологічні зміни в довгих кістках експериментальної серії тварин, які перебували в умовах екології Середино - Будського району Сумської області

3.3.1. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних динамічних навантажень, опромінення і вживання солей марганцю, свинцю та міді. При опроміненні щурів упродовж місяця дозою 0,2 Гр, вживанні солей важких металів та помірних динамічних навантажень показники остеометрії досліджуваних кісток незначно відрізняються від інтактних тварин. Так, довжина плечової кістки менша на 7,12 %, стегнової – на 5,99 %, великогомілкової – на 6,17%. По відношенню до контрольних тварин цей показник, навпаки, більший на 5,03 %; 6,31 %; 5,98 %, відповідно.

Ширина проксимального та дистального епіфізів менша плечової кістки – на 6,25 % і 5,91 %, стегнової – на 6,12 % і 5,62 %, великогомілкової – на 5,11 % і 8,16%. По відношенню до контрольних тварин ці показники більші на 4,61 % і 4,42 %; 4,22% і 5,91 %; 4,31 % і 4,46 %, відповідно.

У порівнянні з інтактними тваринами збільшуються ширина та передньо-задній розмір досліджених кісток на 5,22 % і 6,69 %; 5,93 % і 5,14 %; 5,46 % і 5,61 %. По відношенню до контролю ці показники плечової кістки, навпаки, менші на 4,60% і 4,23 %, стегнової – на 5,99 % і 5,15 %, великогомілкової – на 6,09 % і 4,68 %.

Для цієї, другої, групи експериментальних тварин характерні незначні зміни в наростковому хрящі (рис. 3.15). Зона росту має типову будову, але помітне деяке збільшення кількості сполучної тканини в тяжах поміж хондроцитів. У проліферативній зоні з'являються клітини нетипової форми – полігональні та різко сплющені. Зменшується кількість мітозів. Клітини цієї зони дещо меншого розміру. Збільшується кількість сполучної тканини і поміж клітин дефінітивного хряща, що представлений типовими хондроцитами, окремі з яких з пікнотичним ядром. Збільшується кількість клітин зони деструкції.

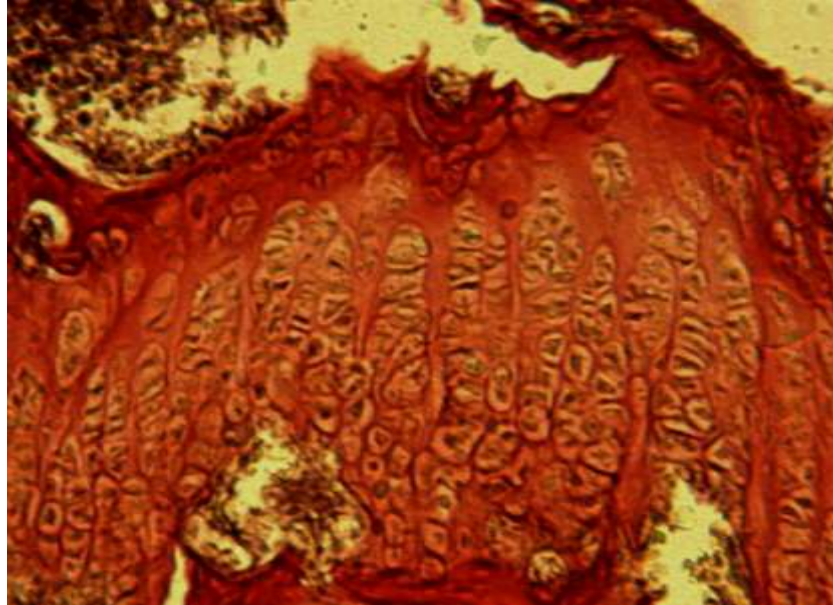


Рис. 3.15. Дистальний епіфізарний хрящ стегнової кістки щура під впливом помірних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Mn, Pb, Cu. Збільшення кількості сполучної тканини в тяжах поміж хондроцитів (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.10.

Ширина епіфізарного хряща плечової кістки, порівняно з інтактними тваринами, звужена на 6,79 %, стегнової кістки – на 6,44 %, великогомілкової кістки – на 7,99 %. Ширина шару проліферуючого та дефінітивного хрящів кісток менша на 8,02 % і 6,91 %; 8,05 % і 6,97 %; 10,04 % і 8,51 %, а зона деструкції, навпаки, розширена в плечовій кістці – на 6,08 %, стегновій кістці – на 6,72 %, великогомілковій кістці – на 8,54 %.

По відношенню до контрольних тварин епіфізарний хрящ потовщений на 8,06%; 12,48 %; 12,41 %, зона проліферації та зона дефінітивного хрящів розширені в плечовій кістці на 10,48 % і 6,48 %; стегновій – на 12,24 % і 5,06 %; великогомілковій – на 12,54 % та 10,42 %. Зона деструкції зменшена на 6,40 %; 7,19%; та 6,33 %, відповідно (рис.3.16).

Ширина індиферентного хряща істотно не змінюється.

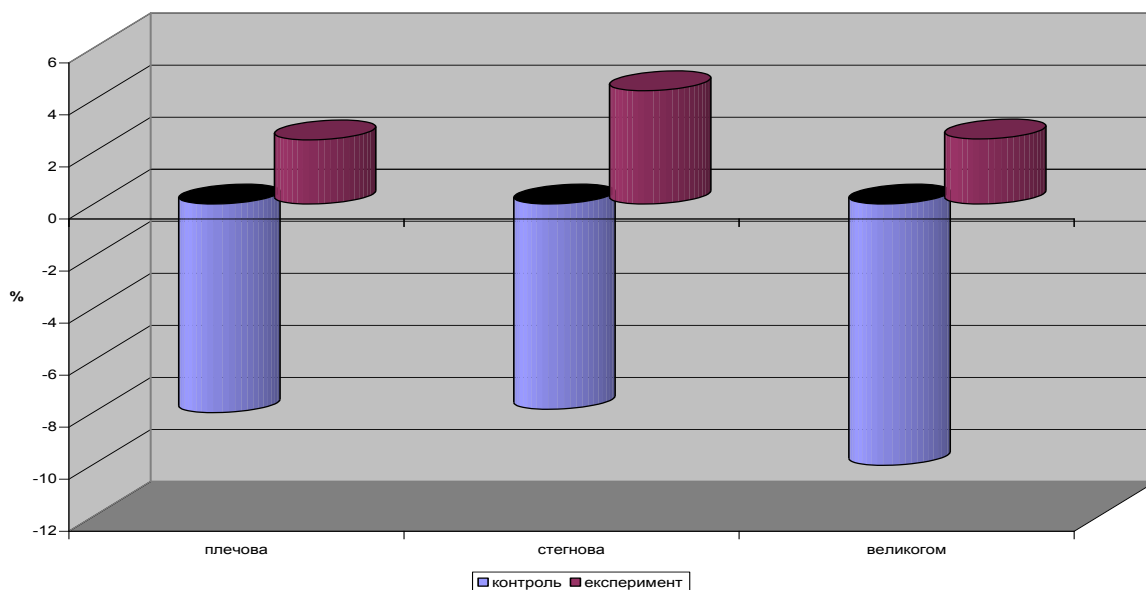


Рис.3.16. Відсоткове співвідношення ширини зони проліфіруючого хряща довгих кісток щурів експериментальної групи 3.3.1.

У компактній речовині діафіза помітне порушення перебудови кісткового матриксу, що проявляється появою поодиноких ліній склеювання на межі периостального та остеонного шарів. Кількість остеобластів біля периосту зменшена. Звужений остеонний шар зміщений у бік периосту розширеною зоною внутрішніх генеральних пластинок. В остеонному шарі спостерігаються поодинокі порожнини остеокластичної резорбції, зменшення забарвлення ядер остеоцитів, розширення каналів остеонів. Інколи виявляються первинні остеони з широким гаверсовим каналом. Пластинки ендостального шару в деяких місцях перериваються.

Зміни в діафізі, порівняно з інтактними тваринами, характеризуються звуженням остеонного шару плечової кістки на 6,95 %; стегнової – на 5,40 %; великогомілкової – на 6,50 %; розширенням зон зовнішніх на 6,44 %, 6,07 %, 5,60 % та внутрішніх генеральних пластинок – на 7,33 %, 6,94 %, 6,79 %, відповідно. Діаметр остеона менший на 5,68 %, 6,70 %, 6,70 %, у той же час діаметр каналу остеона, навпаки, більший на 6,30 %, 6,72 %, 6,72 %. По відношенню до

контрольних тварин остеонний шар діафіза плечової, стегнової та великогомілкової кісток розширений на 7,94 %; 12,64 % та 12,87 %. Ширина зон зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок цих кісток звужена на 5,31 % і 5,60 %; 7,35 % і 7,95 %; 10,21 % і 9,29 %. Розширення остеонів у цих кістках становить 4,17 %; 5,39%; 5,77 %, а звуження каналу остеонів у плечовій кістці – на 4,57 %, великогомілкової – на 7,07 %, стегнової – на 6,21 %, відповідно.

Показники хімічного складу кісток даної групи тварин після експерименту у плечовій, стегнової та великогомілкової кістках характеризуються збільшенням вологи порівняно з нормою на 6,53 %; 8,10 %; 7,69 %, вмісту натрію та калію в плечовій кістці – на 6,32 % і 5,09 %; стегнової – на 5,79 % і 5,29 %, великогомілкової – на 7,89 % і 6,88 %. Кількість міді більша – на 7,29 %; 6,25 %; 7,89 %, свинцю – на 5,17 %; 5,89 %; 6,96 %, марганцю – на 6,20 %, 6,26 %, 6,02 %. Вміст решти мінеральних компонентів зменшений: кальцію – на 7,03 %; 7,85 % та 9,21 %, попелу – на 7,24 %; 8,92 %; 8,77 %, магнію – на 5,68 %, у великогомілкової – на 6,77 %; цинку – на 5,91 %; 5,97 % та 7,42 %.

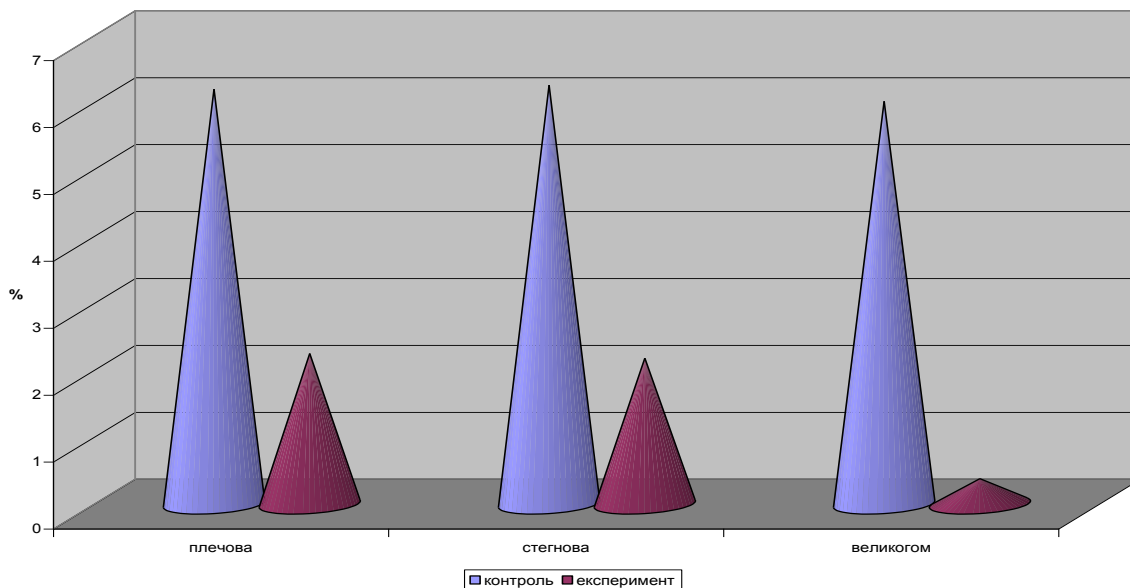


Рис.3.17. Відсоткове співвідношення вмісту марганцю в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.3.1.

Більшість показників хімічного складу (рис.3.17) плечової, стегнової та великогомілкової кісток по відношенню до контролю, навпаки, знижуються: вода в

плечовій кістці – на 8,26 %; стегновій – на 10,34 %; великогомілкової – на 8,56 %; натрій – на 6,33 %; 7,66 %; 6,37 %, калій – на 7,47 %; 6,54 %; і 6,08 %; мідь – на 6,99%; 9,59 %; та 9,04 %, свинець – на 5,20 %; 6,04 %, і 7,01 %, марганець – на 3,95%; 4,08 %, 6,40 %, відповідно. Одночасно збільшується вміст мінеральних речовин у плечовій кістці на 10,68 %, у стегновій кістці – на 10,53 %, у великогомілкової кістці – на 9,39 %, за рахунок збільшення кальцію – на 10,72 %; 13,10 % і 10,71 %, магнію – на 4,43 %; 5,04 % та 4,59 %, цинку – на 4,38 %; 6,95 % і 7,43 %, відповідно.

3.3.2. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних динамічних навантажень, опромінення і солей марганцю, свинцю та міді. Після інтенсивних динамічних навантажень відбувається затримка поздовжнього росту та розмірів проксимального та дистального епіфізів плечової, стегнової і великогомілкової кісток, порівняно з інтактними тваринами: довжина – на 22,95 %; 21,93 %; 18,82 %, ширина проксимального епіфіза – на 24,80 %; 22,61 %; 14,91 %, ширина дистального епіфіза – на 25,60 %; 20,31 %; 16,65 %. По відношенню до контрольних тварин ці цифри менші відповідно на 10,80 %; 9,63 %; 6,67 %; на 13,94 %; 12,27 %; 5,49 %; на 15,27 %; 8,78 %; 5,03 %, відповідно.

Показники поперечного росту діафіза кісток, навпаки, мають тенденцію до збільшення. Так, різниця з інтактними тваринами плечової кістки складає 25,59 %, стегнової – 19,58 %, великогомілкової – 19,24 % (ширина діафіза) і 22,85 %; 15,14 %; 20,58 % (передньо-задній розмір), а по відношенню до контрольних тварин – на 15,77 % і 15,25 %; 7,66 % і 12,56 % 3,69 % та 10,29 %, відповідно.

Після інтенсивних динамічних навантажень відбувається значне руйнування структури наросткового хряща (рис. 3.18). Прогресивно зменшується кількість клітин, що формують проліферативну зону. Майже зникає межа між дефінітивним та проліферуючим хрящами, клітини майже не формують звичних "монетних" стовпчиків, а розміщені окремими групами, які оточені великою кількістю

сполучної речовини. Фігури мітозу поодинокі та зустрічаються на окремих препаратах. Відбувається вrostання судин у ростову зону. Клітини проліферуючого хряща набряклі та вакуолізовані, що свідчить про значне порушення їх функціонування. Зустрічається значна кількість без'ядерних та зруйнованих клітин. Зона деструкції значно розширена, з незначним вмістом клітин та збільшенням сполучної речовини.

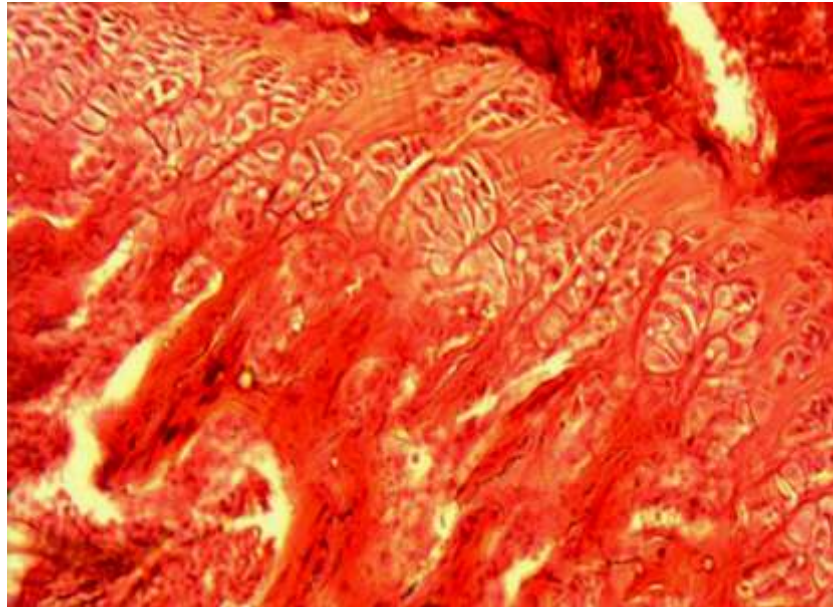


Рис. 3.18. Проксимальний епіфізарний хрящ великогомілкової кістки щура під впливом інтенсивних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Mn, Pb, Cu. Руйнування структури наросткового хряща. Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Морфометрично – значне звуження загальної ширини хряща плечової кістки порівняно з інтактними тваринами, на 30,83 %, стегнової – на 32,13 %, великогомілкової – на 32,02 %. Ширина зон проліферуючого та дефінітивного хрящів цих кісток звужена на 36,85 % і 31,89 %; 37,81 % і 29,75 %; 34,88 % і 33,27%, а ширина зони деструкції більша на 28,42 %; 26,98 % та 30,02 %, відповідно.

По відношенню до контрольних тварин ширина епіфізарного хряща звужена у цих кістках на 15,98 %; 13,21 %; 11,62 %. Звуження ростової зони відбувається за рахунок шару проліферуючого та дефінітивного хрящів у плечовій кістці на 18,35 %

і 18,50 % у стегновій – на 17,52 % і 13,21 %, у великогомілкової – на 12,30 % і 14,34%. Зона деструкції розширена на 15,94 %; 13,07 % та 15,15 %, відповідно.

У діяфізі відмічається збільшення площі грубоволокнистої кісткової тканини на межі з кістковомозковою порожниною. Майже відсутні вторинні остеони. Остеонний шар – це тонка смужка кісткової речовини з порожнинами резорбції, ділянками мозаїчного забарвлення, що зміщені в бік периосту. На деяких препаратах великогомілкових кісток остеонна зона не виділяється з масиву кісткової речовини. Перфоруючі канали пронизують усю товщу кістки. Зовнішні та внутрішні генеральні пластинки повністю не охоплюють діяфіз, мають чисельні розриви та місцями майже відсутні (рис.3.19).

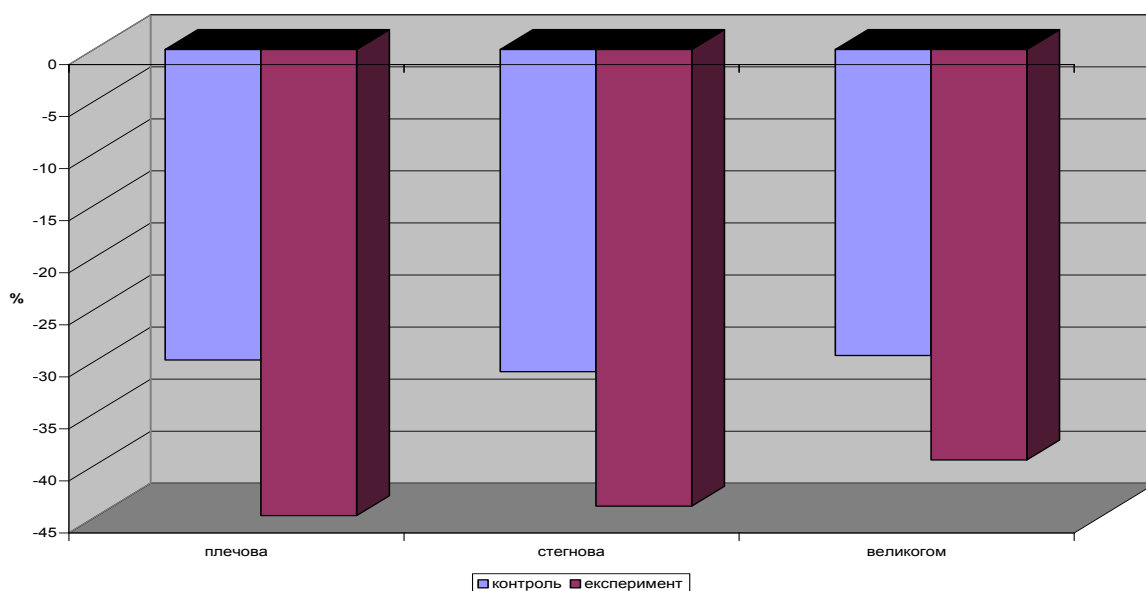


Рис.3.19. Відсоткове співвідношення ширини остеонного шару діяфіза довгих кісток щурів експериментальної групи 3.3.1.

При морфометричному дослідженні діяфіза плечової кістки, порівняно з інтактними щурами, відбувається звуження остеонного шару на 29,83 %, стегнової кістки – на 30,95 %; великогомілкової – на 29,40 %. Також встановлено, що ширина зовнішніх генеральних пластинок діяфіза цих кісток більша на 28,71 %; 26,85 % та 26,11 %. Ширина внутрішніх генеральних пластинок більша на 29,77 %; 28,41 %; 30,29 %. Водночас зменшується діаметр остеонів у плечовій кістці на 24,95 %, у

стегновій – на 25,38 %, у великогомілковій – на 26,82 %, а діаметр каналу остеона, навпаки, збільшується на 22,50 %; 26,09 % та 28,92 %, відповідно.

По відношенню до контрольних щурів відбувається звуження остеонного шару діафіза плечової кістки на 14,94 %; стегнової – на 12,91 %; великогомілкової – на 10,03 %. Зона зовнішніх генеральних пластинок цих кісток розширена на 16,96 %; 13,42 %; 10,30 %, а внутрішніх генеральних пластинок, відповідно, на 16,84 %; 13,52 %; 14,21 %. Діаметр остеона менший у плечовій кістці на 15,10 %, у стегновій – на 13,29 %, у великогомілковій – на 14,35 %. Одночасно збільшується діаметр каналу остеона на 11,63 %; 13,16 % та 15,13 %, відповідно (рис.3.19).

Зміни хімічного складу характеризуються подальшим накопиченням вологи: у плечовій кістці, у порівнянні з інтактними тваринами, на 28,64 %; у стегновій – 29,42 %; у великогомілковій кістці 25,84 %. Разом з водою в кістках затримуються гідрофільні елементи: натрій та калій, різниця яких більша на 22,46 % і 20,55 %; 24,51 % і 23,77 %; 25,10 % і 23,91 %. Міді в плечовій кістці більше, ніж в інтактній групі тварин, на 5,44 %; у стегновій – 26,31 %, великогомілковій – 5,52 %; свинцю – на 22,91 %, 20,95 %; 23,55 %; марганцю – на 9,65 %; 9,71 % та 9,84 %. Вміст мінеральних речовин значно зменшується у плечовій кістці на 32,52 %, у стегновій – на 28,57 %, у великогомілковій – на 29,66 %, а рівень кальцію, як основного елемента кісткового матриксу, також значно знижується – на 34,55 %; 31,49 %; 30,91 %, відповідно. Такі зміни вказують на глибокі порушення процесів перебудови та мінералізації кісткового матриксу. Рівень магнію та цинку також знижений, порівняно з інтактними тваринами, на 20,01 % і 19,82 %; 22,47 % і 20,50 %; 24,71 % і 21,53 %, відповідно.

По відношенню до контрольних тварин кількість води в цих кістках збільшується на 13,85 %; 10,98 %; та 9,59 %, натрію та калію – на 9,81 % і 7,69 %; 11,06 % і 11,94 %; 10,85 % і 10,95 %, міді – на 8,84 %; 10,47 % ; 11,41 %, марганцю – на 0,59 %; 0,68 %; 0,27 %. Одночасно зменшується вміст мінеральних речовин у плечовій кістці на 14,60 %, у стегновій – на 9,12 %, у великогомілковій – на 11,50 %, за рахунок зменшення вмісту кальцію – на 9,43 %, 10,54 %; і 10,99 %, магнію – на 9,9 %, 11,75 %; 13,35 %, цинку – на 9,53 %; 7,58 % та 6,68 %, відповідно (рис. 3.20).

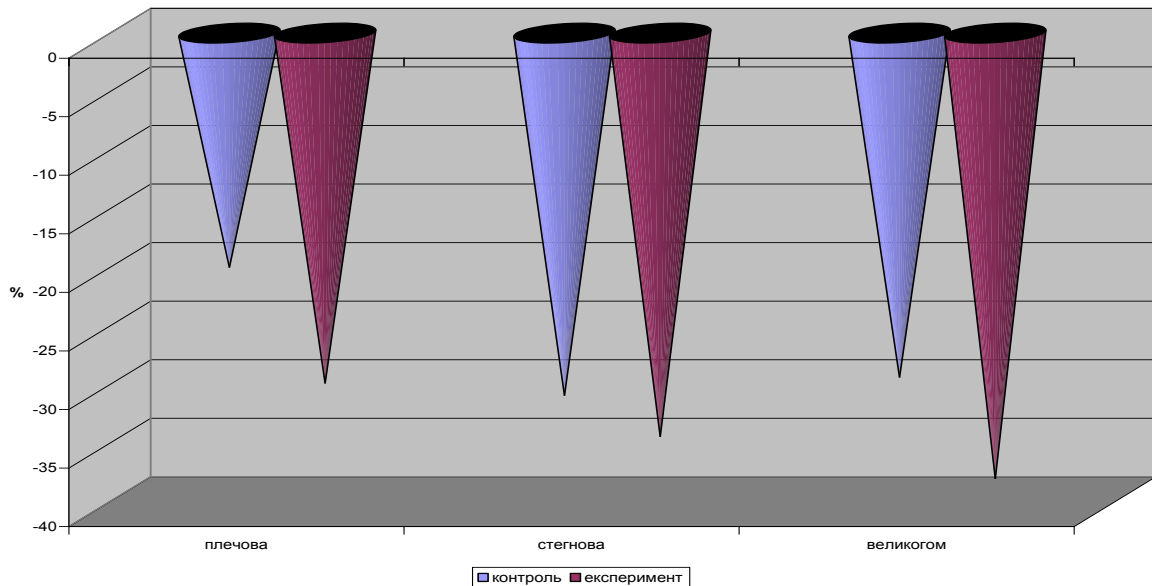


Рис.3.20. Відсоткове співвідношення вмісту магнію в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.3.2.

3.3.3. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних статичних навантажень, опромінення і вживання солей марганцю, свинцю та міді. За показниками остеометричних досліджень довгих кісток передніх та задніх кінцівок (плечова, стегнова та великогомілкова) встановлено, що довжина кісток менша, порівняно з інтактними щурами, на 9,31 %; 10,29 % і 10,77 %. По відношенню до контрольних тварин ці показники більші на 2,84 %; 2,01 % та 1,38 % відповідно. Ширина проксимального епіфіза довгих кісток зменшується на 8,51 %; 8,33 % та 8,04 %. Аналогічні зміни відмічено і в розмірах ширини дистального епіфіза – на 7,23 %; 8,77 % і 10,33 %. По відношенню до контрольних тварин ці показники зростають: плечової кістки - на 2,35 %; стегнової – на 2,01 %; великогомілкової – на 1,38 %.

Ширина середини діяфіза, передньо-задній розмір змінюються менш інтенсивно, відтак різниця їх у плечовій, стегновій, великогомілкової кістках, у порівнянні з інтактними тваринами, збільшується на 7,38 %, 8,91 % 10,02 % та на 8,29 %; 8,46 %; 8,90 %. По відношенню до контрольних тварин ці показники дещо

менші і становлять: 2,44 %; 3,01 %; 1,53 % та 1,63 %; 1,83 %; 1,39 % у плечовій, стегновій і великогомілковій кістках.

При аналізі гістопрепаратів епіфізарних хрящів довгих трубчастих кісток тварин після помірних статичних навантажень звертають на себе увагу дуже чіткі межі між зонами епіфізарного хряща, більш інтенсивна забарвленість ядер хондроцитів, збільшення розмірів клітин зони індиферентного хряща (рис.3.21).

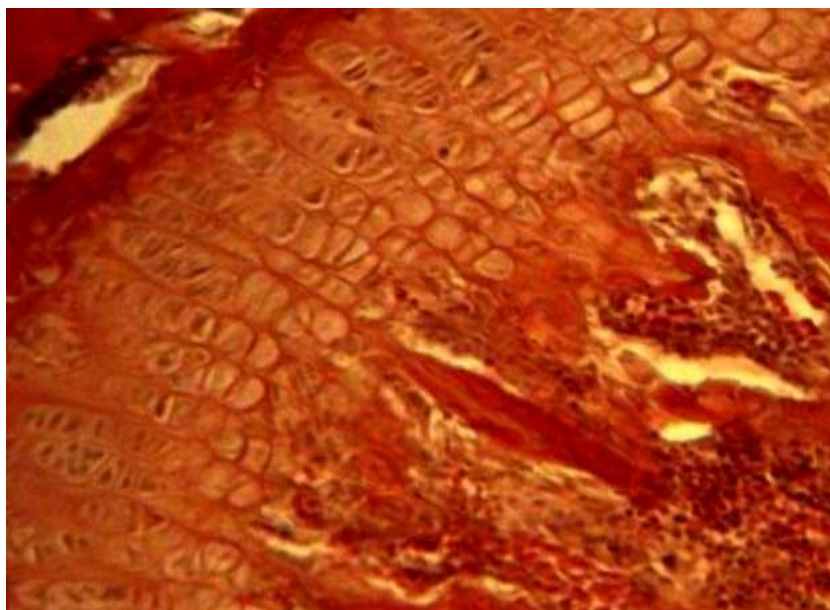


Рис.3.21. Дистальний епіфізарний хрящ стегнової кістки щура під впливом помірних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Mn, Pb, Cu. Інтенсивна забарвленість ядер хондроцитів (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.40.

Морфометрично – звуження загальної ширини хряща у плечовій кістці, порівняно з інтактними щурами, на 11,87 %; у стегновій – на 13,28 %; великогомілковій – на 14,55 %. По відношенню до контрольних тварин ці показники, навпаки, збільшені на 8,06 %; 5,64 % і 5,85 %, відповідно.

Ширина зон проліферуючого та дефінітивного хрящів плечової, стегнової, великогомілкової кісток звужена на 12,44 %; 15,44 %; 16,28 % та 10,28 %; 12,03 % і 13,77 %, порівняно з інтактними тваринами, а по відношенню до контролю – розширення зон на 6,06 %; 4,85 %; 6,03 % та на 3,11 %; 4,51 %; 5,16 %, відповідно.

Ширина зони деструкції в досліджуваних кістках, у порівнянні з інтактними

тваринами, більша на 8,12 %; 10,24 % і 12,33 %, а по відношенню до контролю менша: у плечовій – на 4,36 %, стегновій кістці на 3,67 %, великогомілкової – на 2,54 % (рис.3.22).

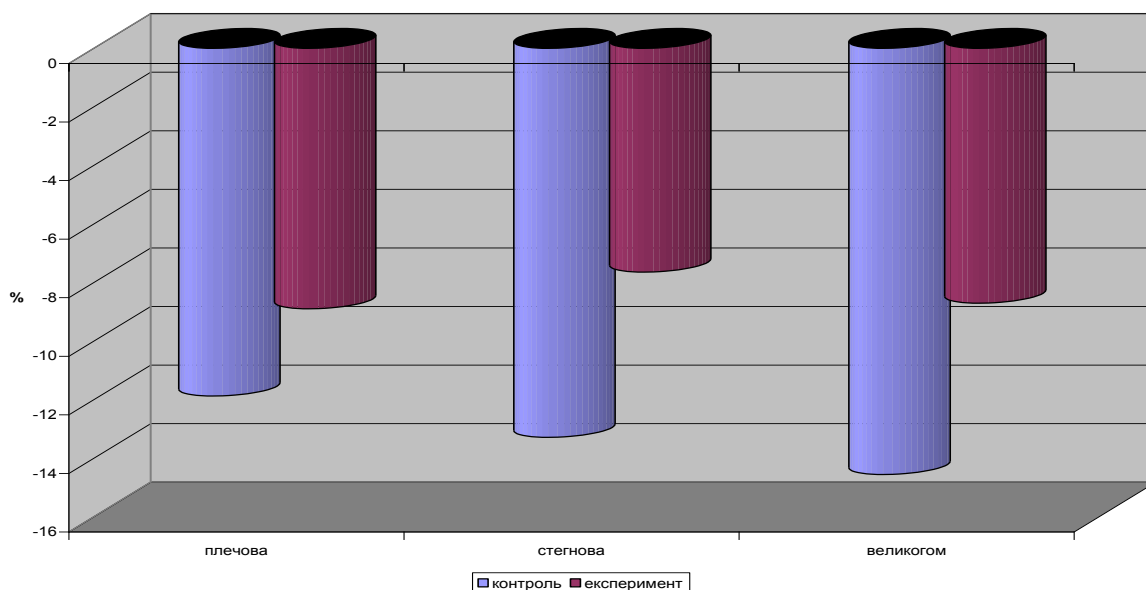


Рис.3.22. Відсоткове співвідношення ширини епіфізарного хряща довгих кісток щурів експериментальної групи 3.3.3.

Зміни в діяфізі характеризуються звуженням остеонного шару в досліджуваних кістках на 12,29 %; 14,20 %; 15,84 % та розширенням зовнішніх зон цих кісток на 8,93 %; 10,74 % і 10,74 %, а внутрішніх генеральних пластинок – на 9,58 %; 12,10 %; 12,10 %, відповідно (рис.3.23).

Разом з тим час діаметр остеона кісток зменшується на 8,02 %; 10,37 %, 9,94%, при одночасному збільшенні діаметра каналу остеона – на 9,01 %; 10,51 % та 11,29%, порівняно з інтактними тваринами

По відношенню до контролю ширина остеонного шару діяфіза плечової кістки розширена на 2,60 %, стегнової – на 3,53 %, великогомілкової – на 3,84 %. Ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок звужена на 2,82 %; 3,32 %; 2,68 %; та 3,35 %; 2,91 %; 2,79 %, відповідно. Діаметр остеона збільшується на 1,83 %; 1,72%; 2,53 %, а діаметр каналу остеона, навпаки, звужується на 1,86 %; 2,42 % і 2,5%, відповідно (рис.3.24).

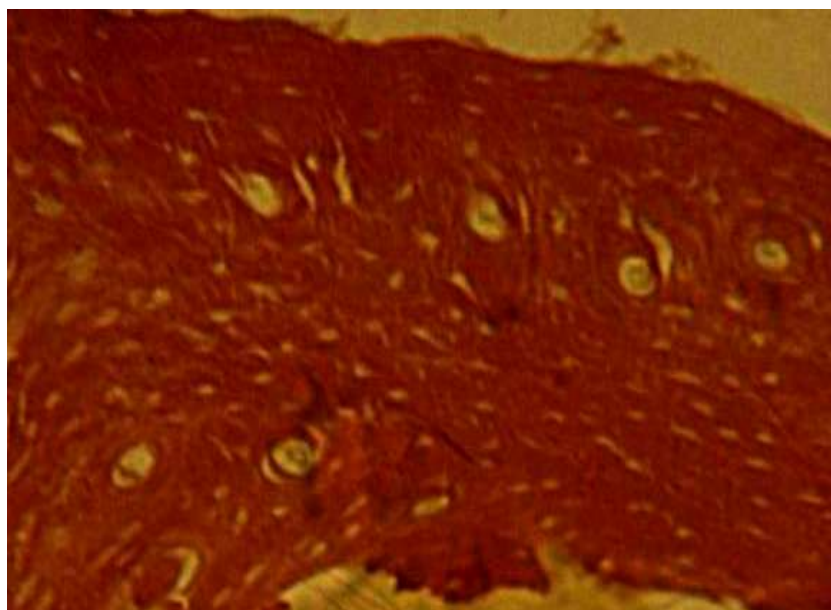


Рис.3.23. Діафіз великогомілкової кістки щура під впливом помірних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Mn, Pb, Cu. Звуження остеонного шару (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

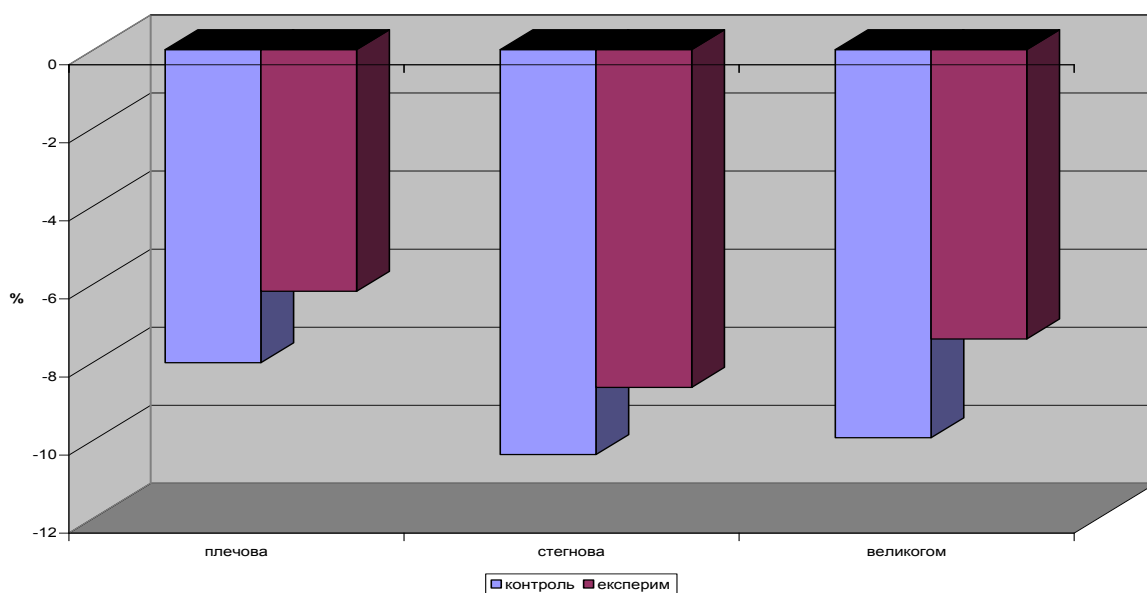


Рис.3.24. Відсоткове співвідношення діаметра остеонів діафіза в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.3.3.

По відношенню до контролю ширина остеонного шару діафіза плечової кістки розширена на 2,60 %, стегнової – на 3,53 %, великогомілкової – на 3,84 %. Ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок звужена на 2,82 %; 3,32 %; 2,68 %; та 3,35 %; 2,91 %; 2,79 %, відповідно. Діаметр остеона збільшується на 1,83 %;

1,72%; 2,53 %, а діаметр каналу остеона, навпаки, звужується на 1,86 %; 2,42 % і 2,5%, відповідно.

Хімічні показники у порівнянні з інтактними тваринами характеризуються збільшенням вологи в плечовій кістці на 10,29 %, стегновій кістці – на 12,81 %, великогомілковій кістці – на 11,39 %, а гідрофільних елементів – натрію та калію – на 9,12 % і 7,45 %, 8,97 % і 7,91 %; та 11,10% і 9,17 %. Кількість свинцю збільшено – на 7,22 %; 7,95 %; 9,71 %, марганцю – на 8,32 %; 7,21 %; 7,53 %, міді – на 10,22 %, 11,54 %, 11,06 %. У той же час відбувається зниження загальної кількості мінеральних речовин відповідно на 13,39 %; 13,61 %; 13,04 %. Зменшення мінерального насичення відбувається в основному за рахунок кальцію, вміст якого нижчий у плечовій кістці на 12,65 %, стегновій – на 14,53 %, великогомілковій – на 13,61 %, магнію – на 8,91 % 8,51 %; та 7,53 %.

По відношенню до контролю в досліджуваних кістках відмічається зниження вологи на 4,50 %; 5,63 %; 4,86 %, натрію – на 3,53 %; 4,48 %; 3,16 %, калію - на 5,11%; 3,92 %; і 3,79 %, міді – на 4,06 %; 4,30 %; 5,87 %, свинцю – на 3,15 %, 3,98 %; та 4,26 %, марганцю – на 3,95 %; 3,13 %; 4,89 %. Одночасно збільшується вміст мінеральних речовин в плечовій кістці на 4,53 %, стегновій – на 5,84 %, великогомілковій – на 5,12 %, кальцію – на 5,10 %; 6,42 %; 6,31 % та магнію – на 1,20 %; 2,21 %; 3,15 %, відповідно.

3.3.4. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних статичних навантажень, опромінення і вживання солей марганцю, свинцю та міді. Osteометричні показники кісток щурів даної групи відрізняються від інтактних тварин. Так, довжина плечової, стегнової та великогомілкової кісток менша на 17,21 %; 18,33 %; 14,93 %, а по відношенню до контрольних тварин – відповідно на 5,06 %; 4,10 %; 2,78 %.

Ширина проксимального та дистального епіфізів плечової, стегнової та великогомілкової кісток зменшується на 16,58 %, 17,46 %; 11,49 % та 18,46 %;

16,35%; 13,53 %, а по відношенню до контрольних тварин – відповідно на 5,72 %; 7,12 %; 2,07 % та 8,13 %; 4,82 %; 1,91 % (рис.3.25).

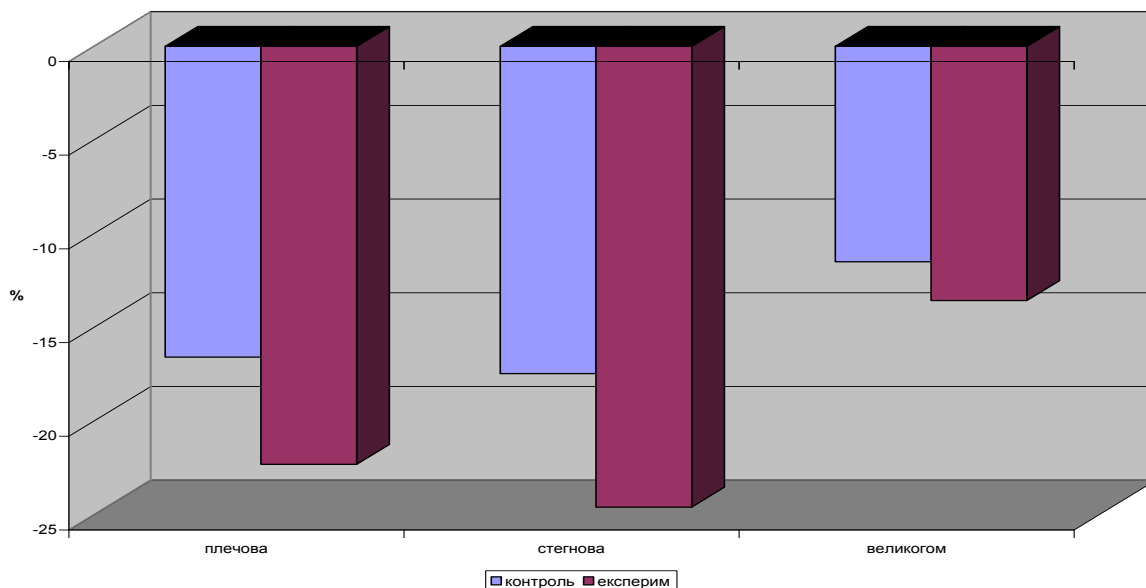


Рис.3.25. Відсоткове співвідношення ширини проксимального епіфізу довгих кісток щурів експериментальної групи 3.3.4.

Одночасно збільшується ширина середини та передньо - задній розміри діафіза, різниця з інтактними тваринами становить відповідно 20,43 % і 14,55 %; 13,94 % та 19,33 %; 16,93 % і 17,46 %, а по відношенню до контрольних тварин ці цифри менші: плечової кістки – на 10,61 % і 9,41 %, стегнової – на 2,63 % і 6,64 %, великогомілкової – на 2,39 % і 7,17 %, відповідно.

Мікроскопічно епіфізарна ростова пластинка представлена конгломератом хондроцитів зі значною кількістю сполучної тканини, яка порушує стовпчастість хряща. Межі між зонами важко розрізнити через порушення поздовжньої орієнтації колонок і значної кількості сполучної речовини. Клітини проліферуючого хряща сплющеної форми, майже без фігур мітозу. На деяких препаратах повністю втрачається характерна "монетна" стовпчастість, клітини оточені сполучною речовиною та формують окремі ізогенні групи. Безліч вакуолізованих клітин. Дефінітивна зона представлена напівзруйнованими клітинами, багато з яких

без'ядерні, що майже не формують стовпчиків. У зоні деструкції клітини відокремлені значною кількістю проміжної речовини.

Ширина епіфізарного хряща плечової кістки в порівнянні з інтактними щурами менша на 23,11 %, стегнової кістки – на 24,94 %; великогомілкової кістки – на 28,61 %. Ширина пролефіруючого та діфінітивного хрящів для цих кісток менша на 27,36 % і 23,17 %; 29,73 % і 22,49 %; 27,81 % і 23,51 %. Розширена зона деструкції на 19,91 %; 20,38 % та 23,05 %, відповідно.

По відношенню до контрольних тварин епіфізарний хрящ плечової кістки звужений на 8,26%, а стегнової та великогомілкової кісток – на 6,02 % та 8,21 %. Проліферуючий хрящ та зона діфінітивного хряща цих кісток різко звужені – на 8,86% і 9,78 %; 9,44 % і 5,95 %; 5,23 % і 8,24 %. Ширина зони деструкції розширена на 7,43 %; 6,47 %; 8,18 %, відповідно (рис.3.26.).

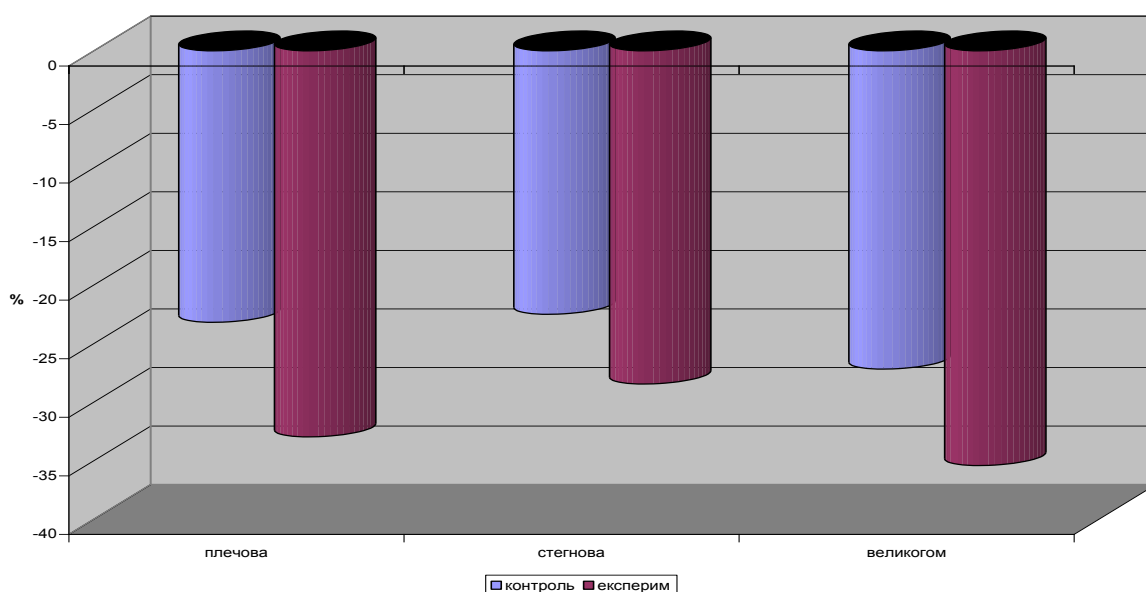


Рис.3.26. Відсоткове співвідношення ширини зони дефінітивного хряща в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.3.3.

У діяфізі межі зон розрізняються нечітко (рис. 3.27). Остеонний шар різко звужений і представлений в основному первинними остеонами. Ділянки мозаїчного забарвлення займають усю площу компакти. Порожнини резорбції, заповнені сполучною тканиною, мають значні розміри. Майже не контуруються остецити, їх

лакуни зливаються, утворюючи неправильної форми порожнини. Лінії склеювання, що свідчать про затримку росту кістки, значної товщини. Внутрішні генеральні пластинки мають звивистий характер, місцями відсутні. Остеобласти периостального шару не забарвлюються, фігури мітозів відсутні.

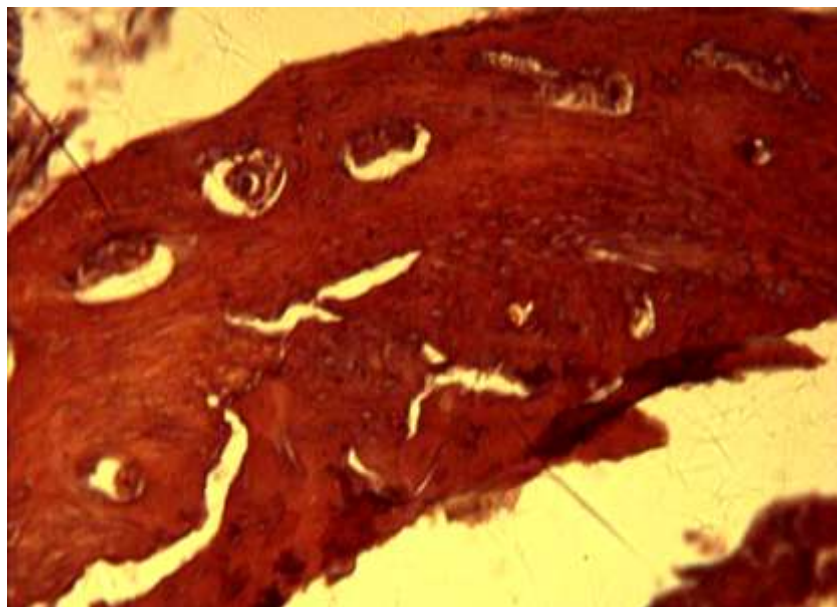


Рис.3.27. Діафіз стегнової кістки щура під впливом інтенсивних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Mn, Pb, Cu. Ділянки мозаїчного забарвлення (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Остеонний шар діафіза плечової кістки в порівнянні з інтактними щурами звужений на 22,18 %; стегнової – на 24,94 %; великогомілкової – на 25,11 %. Одночасно відбувається розширення шарів зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок цих кісток на 19,25 % і 24,03 %; 20,31 % і 25,18 %; 20,02 % і 20,71 %, відповідно. Діаметр остеонів менший у плечовій кістці на 18,89 %; стегновій – на 18,52 %, великогомілковій – на 18,33 %, Натомість діаметр їх каналів збільшується на 19,47 %; 19,93 % та 21,37 %, що свідчить про сповільнення перебудови первинних остеонів у вторинні.

По відношенню до контролю ширина остеонного шару звужена в плечовій

кістці на 7,29 %, стегновій – на 7,07 %, великогомілковій – на 5,51 %. Навпаки, ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок розширена на 7,05 % і 11,10 %; 4,5 % і 9,1 %; 6,6 % та 5,82 %, відповідно. Діаметр остеона зменшується у цих кістках на 9,04 %; 6,43 %; 5,86 %, тоді як діаметр каналу остеона збільшується на 8,6 %; 7,0 % і 7,58 %.

У хімічному складі кісток даної групи тварин відбуваються значні зміни в порівнянні з інтактними тваринами. Так вміст води збільшується на 21,04 %; 24,93%; 22,54 %, натрію та калію – на 19,44 % і 16,37 %; 19,85 % і 17,85 %; 18,66 % і 18,35 %, міді – на 9,08 %; 21,08 %; 9,92 %, свинцю – на 17,38 %; 16,74 % і 18,33 %, марганцю – на 9,45 %; 9,28 % і 9,57 %. Одночасно зменшуються вміст кальція в плечовій кістці на 25,12 %, у стегновій – на 25,98 %, у великогомілковій – на 26,99%. Мінеральних речовин менше на 23,49 %; 25,12 %; 24,59 %, магнію – на 15,77 %; 14,82 %; 18,94 %, цинку – на 15,41 %; 16,93 %; 18,77 %.

По відношенню до контролю вищезгадані показники також нижчі: так вміст мінеральних речовин менший на 5,57 %; 5,67 % та 6,43 %, кальцію – на 7,37 %; 5,03% і 7,07 %, магнію – на 5,66 %; 4,10 %; 7,58 %, цинку – на 5,12 %; 4,01 %; 3,92%. Натомість збільшується вологість на 6,25 %; 6,49 % і 6,29 %, кількість натрію та калію в плечовій кістці – на 6,79 % та 3,81 %, стегновій – на 6,4 % та 6,02 %, великогомілковій – на 4,4 % та 5,39 %; міді більше – на 5,20 %; 5,24 %; 7,01 %; свинцю – на 7,01 %; 4,81 %; 4,86 %, марганцю – на 0,39 %; 0,25 % і 4,39 %, відповідно.

Таким чином, іонізуюче випромінювання та солі важких металів разом з інтенсивними фізичними навантаженнями призводять до значного пригнічення росту й мінералізації кісток. Помірні динамічні навантаження в умовах екологічних чинників викликають прискорення поздовжнього й поперечного росту кістки, підвищення активності їх мінерального обміну та покращення якісних і кількісних характеристик, викликаючи раціональну форму адаптації. Проявляється це проліферативною активністю клітинних елементів епіфізарного хряща, збільшенням компактного шару діафіза та підвищенням рівня мінералізації. Помірні фізичні навантаження дозволяють зменшити наслідки впливу екологічних чинників

Середино – Будського району Сумської області на ріст і формоутворення довгих кісток скелету.

Результати даного підрозділу опубліковані в наукових працях [126,183,184,185,186].

3.4. Морфологічні зміни в довгих кістках експериментальної серії тварин, які перебували в умовах Шосткинського району Сумської області

3.4.1. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних динамічних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю. За показниками остеометрії у плечовій, стегновій і великогомілковій кістках, у порівнянні з інтактними щурами, встановлено, що через місяць експерименту максимальна довжина кісток менша на 7,81 %; 7,18 % і 7,49 %. По відношенню до контролю, навпаки, цей показник більший на 6,90 %; 7,73 % і 7,22 %, відповідно.

Ширина проксимального та дистального епіфізів плечової кістки тварин зменшується, порівняно з інтактною групою, на 6,88 % і 6,17 %, стегнової кістки – на 7,48 % і 6,84 %, великогомілкової – на 6,22 % і 8,92 %. По відношенню до контрольних тварин – ці показники збільшуються на 6,10 % і 6,17 %; 5,55 % і 7,08%; 5,34 % і 4,61 %, відповідно.

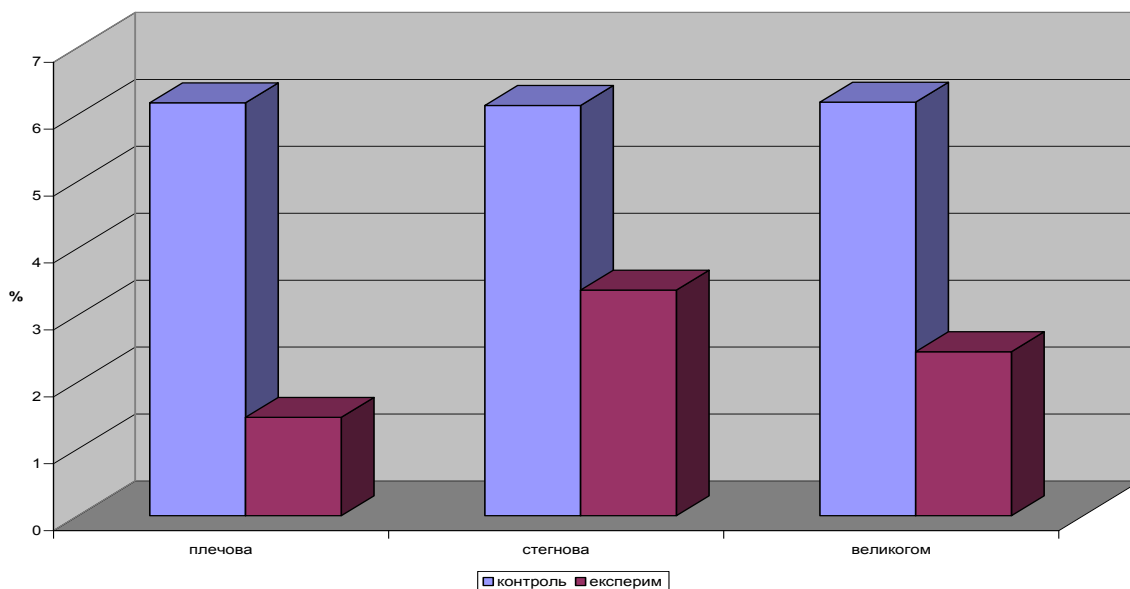


Рис.3.28. Відсоткове співвідношення ширини середини діафіза довгих кісток щурів експериментальної групи 3.4.1.

Ширина середини діафіза (рис.3.28) та його передньо-задній розмір збільшуються, в порівнянні з інтактними тваринами, на 6,17 % і 6,21 %; 6,13 % і 6,93%; 6,18 % і 7,36%, а по відношенню до контролю, навпаки, зменшується на 7,64% і 5,36 %; 9,5% і 6,48 %; 8,63 % і 6,05 %, відповідно.

При якісній оцінці гістологічних препаратів епіфізарних хрящів досліджуваних кісток помітна більш інтенсивна забарвленість хондроцитів, частіше можна побачити фігури із трьох і більше молодих форм хондроцитів (рис 3.29). Межі між зонами індиферентного, проліферуючого, дефінітивного хрящів, зоною деструкції та кальцифікації виражені навіть чіткіше, ніж у контрольній серії. Зона деструкції складається з колонок (по 2 - 3 хондроцити у кожній) великих слабозабарвлених клітин, ядра яких з різко вираженими контурами.

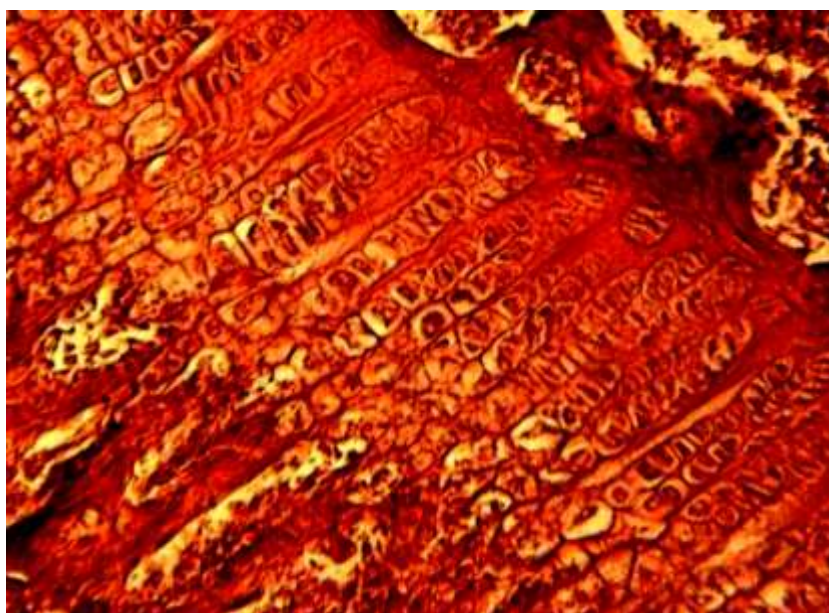


Рис.3.29. Дистальний епіфізарний хрящ плечової кістки щура під впливом помірних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cr, Pb. Фігури із трьох і більше молодих форм хондроцитів (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Морфометрично – відбувається звуження загальної ширини хряща плечової кістки, в порівнянні з інтактними тваринами, на 8,12 %; стегнової – на 7,90 %, великогомілкової – на 9,03 %. По відношенню до контролю ці показники більші на 11,98 %; 19,99 % і 19,46 %, відповідно.

Ширина проліферуючого та дефінітивного хрящів менша за показники інтактних тварин на 8,95 % і 6,89 %; 9,82 % і 8,71 %; 18,65 % і 15,06 %. По

відношенню до контрольних тварин, навпаки, більша на 17,86 % і 10,89 %; 19,63 % і 14,02 %; 18,65 % і 15,06 %, відповідно.

Зона деструкції розширена в плечовій, стегновій, великогомілкової кістках на 6,89 %; 7,34 %; 9,05 %. По відношенню до контролю вона звужується на 8,50 %; 10,25 %; 10,36 % (рис.3.30).

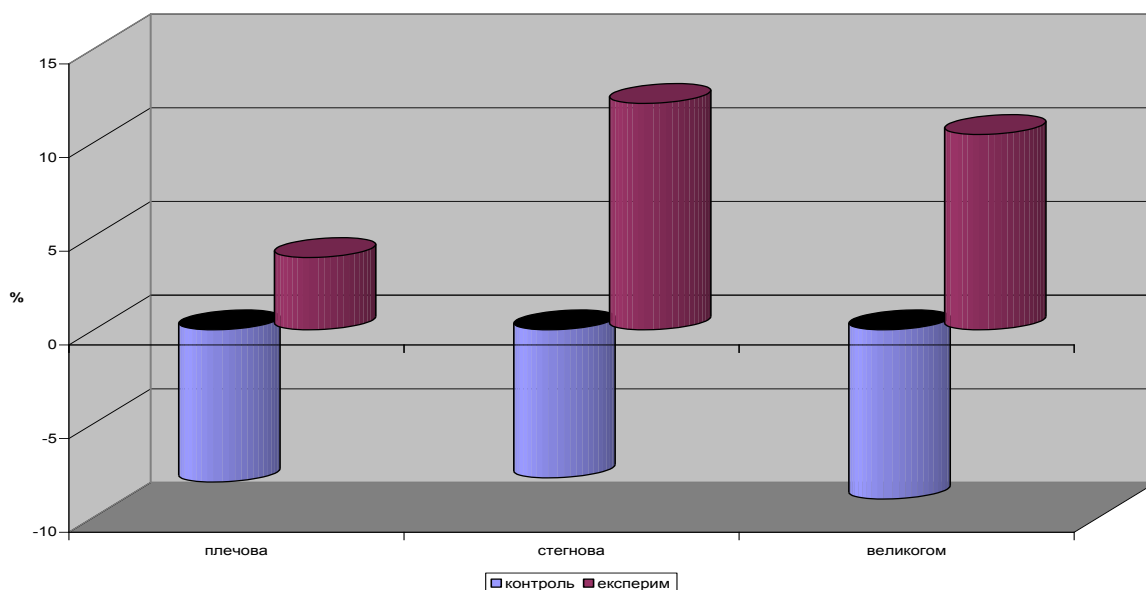


Рис.3.30. Відсоткове співвідношення ширини епіфізарного хряща довгих кісток щурів експериментальної групи 3.4.1.

Мікроструктура середини діафіза довгих кісток тварин третьої групи майже незмінна. Чітко помітні периостальний, остеонний та ендостальний шари. Зовнішня поверхня діафіза вміщує велику кількість незамкнених судинних порожнин, відкритих у бік периосту, в яких простежується велика кількість остеобластів. Остеонний шар добре виражений, із чітко контурованими вторинними остеонами. Пластинки ендостального шару чітко виражені на всіх препаратах.

Ширина остеонного шару плечової, стегнової, великогомілкової кісток звужена, порівняно з інтактними тваринами, на 7,19 %; 6,73 % і 7,41 %. Зони периосту та ендосту розширені на 7,29 % і 8,18 %; 6,90 % і 7,03 %; 6,52 % і 7,93 %, відповідно. Діаметр остеонів менший на 6,34 %; 8,05 % і 7,22 %, в той же час діаметр каналу остеона збільшується на 6,79 %; 7,13 % і 7,38 %.

По відношенню до контрольних тварин ширина остеонного шару компактної речовини діафіза кісток після експерименту зросла на 10,73 %; 15,06 % і 15,54 %, одночасно ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок звужена на 6,94% і 6,61 %; 9,92 % і 11,78 %; 10,22 % і 11,45 %, відповідно. Діаметр остеона розширений на 5,62 %; 7,68 % і 9,27 % і, навпаки, діаметр каналу остеона звужується на 5,98 %; 8,79 % і 9,82 %.

Вивчення хімічного складу довгих кісток тварин цієї групи показало, що після навантажень відбуваються зміни в усіх групах тварин. Вміст води у плечовій, стегновій, великогомілковій кістках, в порівнянні з інтактними щурами, збільшується на 7,91 %; 9,33 %; і 8,36 %, натрію та калію – на 6,79 % і 6,14 %; 7,03% і 6,71 %; 8,03 % і 6,24 %, свинцю – на 6,88 %; 6,18 %; і 7,82 %, цинку – на 6,72 %; 6,04 % і 6,93 %. Водночас кількість кальцію знижується на 8,13 %; 8,90 %; 10,72 %, мінеральних речовин – на 9,21 %; 10,96 % і 9,25 %, магнію – на 6,42 %; 6,77 % і 6,04%, міді – на 4,21 %; 5,68 % і 5,68 %, марганцю – на 7,06 %; 8,72 %; 8,37 %.

По відношенню до контролю вміст води знизився на 11,50 %; 12,83% і 12,09%, кількість натрію та калію – на 9,14 % і 7,08 %; 10,34 % і 7,28 %; 10,48 % і 8,08 %, свинцю – на 5,19 %; 7,04 % і 7,29 %, цинку – на 5,73 %; 7,82 % і 8,99 % Одночасно відбувається збільшення вмісту кальцію – на 13,52 %; 16,65 % і 15,69 %, мінеральних речовин – на 13,55 %; 13,22 % і 13,73 %, магнію – на 6,03 %; 5,94 % і 7,68 %, міді – на 4,05 %; 4,77 % і 6,81 %, марганцю – у плечовій та великогомілковій кістках на 9,0 % та 8,96 %.

3.4.2. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних динамічних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю. За показниками остеометричних досліджень довгих кісток даної групи тварин встановлено, що максимальна довжина кісток, порівняно з інтактною групою, зменшується на 26,83 %; 25,47 % і 19,36 %, а при порівнянні з контрольними тваринами ці показники нижчі на 12,12 %; 10,56 % і 4,65 %, відповідно.

Ширина проксимального епіфіза зменшується на 28,37 %; 25,13 % і 17,03 %. Аналогічні зміни відмічено і в дистальному епіфізі, де різниця з інтактними тваринами складає 28,39 %; 23,46 % і 17,89 %. По відношенню до контрольних тварин ці цифри менші на 15,39 % і 15,95 %; 12,1 % і 9,54 %; 5,47 % і 4,36 %, відповідно.

Ширина середини діафіза та передньо – задній розмір середини діафіза плечової, стегнової, великогомілкової кісток по відношенню до інтактних щурів збільшується на 28,44 % і 29,41 %; 22,44 % і 24,09 %; 19,12 % і 22,36 %. По відношенню до контролю ці показники складають відповідно 14,63 % і 17,84 %, 6,81% і 10,68 %; 4,31 % і 8,95 %.

Наростковий хрящ характеризується повною втратою зональності, межі зон стерті, що особливо виражено у великогомілкових кістках (рис.3.31).

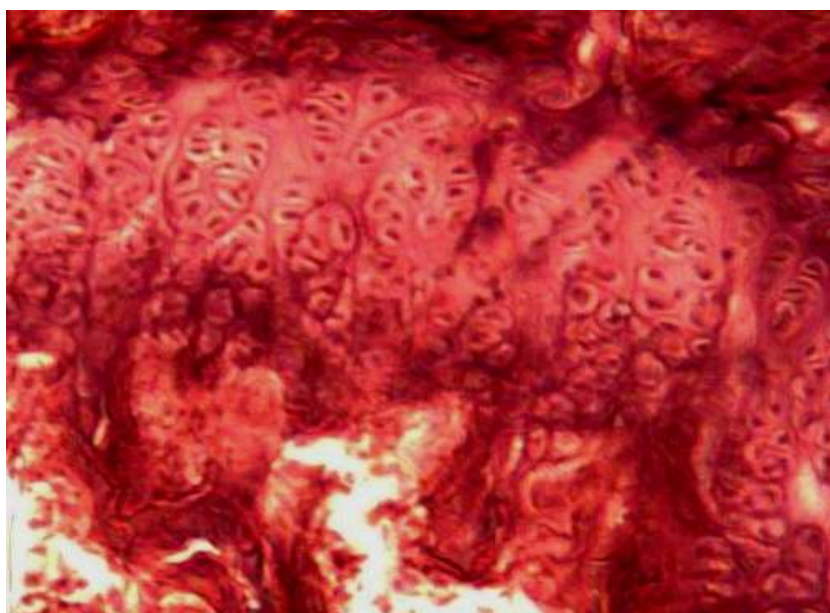


Рис.3.31. Дистальний епіфізарний хрящ великогомілкової кістки щура під впливом інтенсивних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cr, Pb. Стертість межі зон між хондроцитами. Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Навіть без морфометрії помітне значне звуження хряща. Складається враження, що ростова зона майже повністю заміщена сполучною речовиною з незначним вмістом клітин, які містяться в її товщі. Хондроцити не утворюють

колонок. Клітини дуже набряклі, фігури мітозів не зустрічаються. Фрагменти хондроцитів зустрічаються по всій площині хряща. Зони уламків хондроцитів значні, за розмірами та місцями зливаються в конгломерати.

Епіфізарна пластинка росту даної групи тварин зазнає найбільших змін. Ширина епіфізарного хряща плечової, стегнової, великогомілкової кісток, порівняно з інтактними щурами, зменшується на 36,64 %; 37,99 % і 37,93 %, також значно зменшується ширина проліферуючого та дефінітивного хрящів на 39,48 % і 35,46 %; 40,29 % і 33,45 %; 37,93 % і 39,78 %. Розширення зони деструкції становить 32,19%; 31,15 % і 35,44 %, відповідно.

По відношенню до контролю, ширина хряща досліджуваних кісток менша на 7,71 %; 10,10 % і 9,44 %. Ширина проліферуючого та дефінітивного хряща зменшується на 12,67 % і 16,73 %; 10,84 % і 10,72 % 8,83 % і 14,69 %, а різниця ширини зони деструкції після інтенсивних навантажень складає 16,80 %; 13,56 % і 16,03 %.

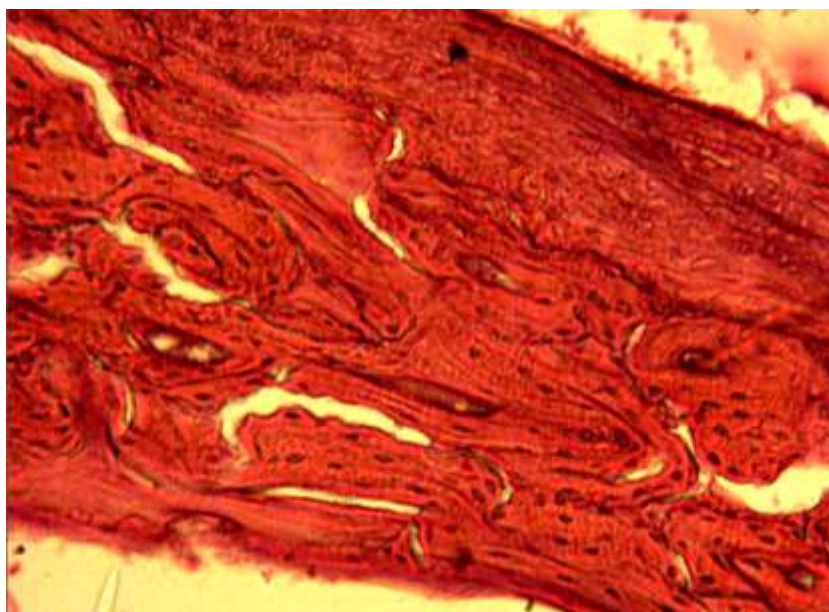


Рис.3.32. Діафіз великогомілкової кістки щура під впливом інтенсивних динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cr, Pb.

Численні лінії склеювання (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. .10.Об.20.

У діафізі характерним є перевага резорбційних процесів: (рис.3.32) значні за розмірами порожнини резорбції займають всі шари компакти великогомілкових кісток, майже відсутні остеобласти, кількість остеокластів значно збільшена, багато

з них сильно вакуолізовані. Порожнини резорбції виповнені переважно сполучною тканиною. Відбувається звуження остеонного шару, поодинокі остеони утворені 2-3 кістковими пластинами із широким гаверсовим каналом, вставні пластини розміщені хаотично. Ділянки мозаїчного звапнення великі за розміром та займають усі шари діяфіза. Пластини ендоста та периоста мають численні розриви, вогнища резорбції руйнують їх звичне розташування, лінії склеювання значної товщини. В периостальному шарі відмічаються поодинокі вогнища некрозів, здебільшого біля лакун резорбції.

Ширина остеонного шару значно звужена у плечовій, стегновій, великогомілковій кістках, порівняно з інтактними щурами, на 32,48 %; 34,81 % і 32,59 %, одночасно відбувається розширення зовнішніх – на 30,47 %, 29,18 % і 29,73% та внутрішніх генеральних пластинок – на 29,41 %; 30,02 %; 33,58 %, відповідно. Діаметр остеонів менший на 26,38 %; 27,92 % і 29,58 %. Натомість діаметр їх каналів збільшується на 28,46 %; 30,15 % і 32,41 % (рис.3.33).

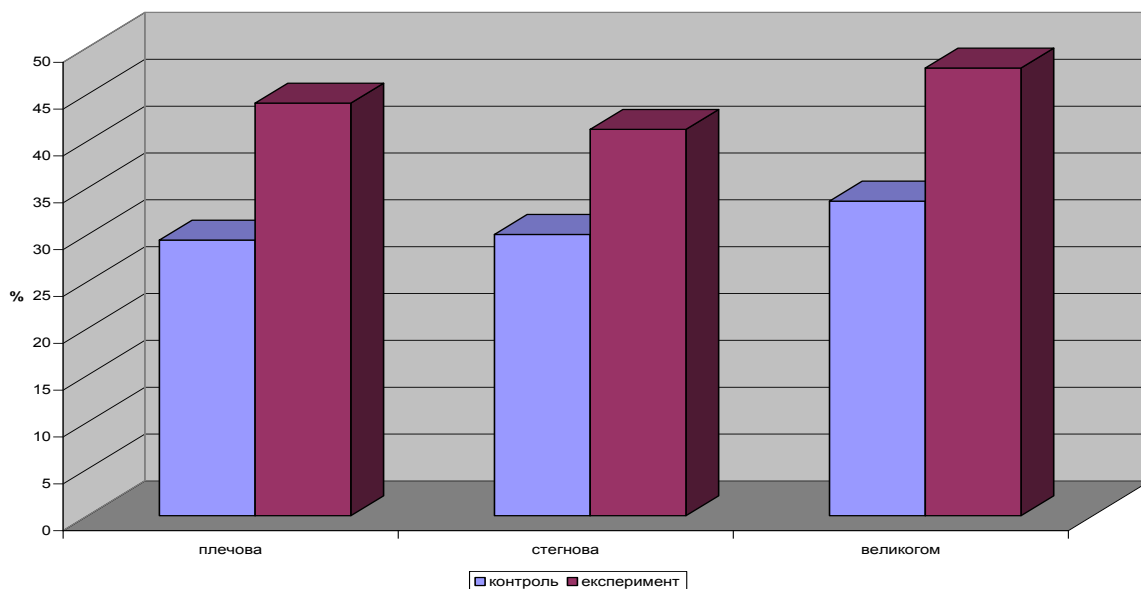


Рис.3.33. Відсоткове співвідношення ширини внутрішніх оточуючих пластинок діяфіза довгих кісток щурів експериментальної групи 3.4.1.

По відношенню до контрольних тварин ширина зони остеонів зменшуються на 14,56 %; 13,02 % і 9,64 %, а ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок розширена на 16,24 % і 14,62 %; 12,36 % і 11,21 %; 12,99 % і 14,20 %, відповідно.

Діаметр остеонів зменшується на 14,42 %; 12,19 % і 13,09 %, у той же час діаметр їх каналів збільшується на 15,69 %; 14,23 %; 15,21 %, відповідно

Хімічний склад кісток після інтенсивних динамічних навантажень, порівняно з інтактними тваринами, характеризується подальшим збільшенням у кістках вологи на 32,28 %; 29,91 % і 30,40 %, гідрофільних елементів – на 27,90 % і 24,83 %; 29,64% і 25,82 %; 28,99 % і 24,96 %. Відбувається накопичення свинцю і цинку – металів, солі яких надходили в організм щурів у надлишковій кількості (рис.3.34).

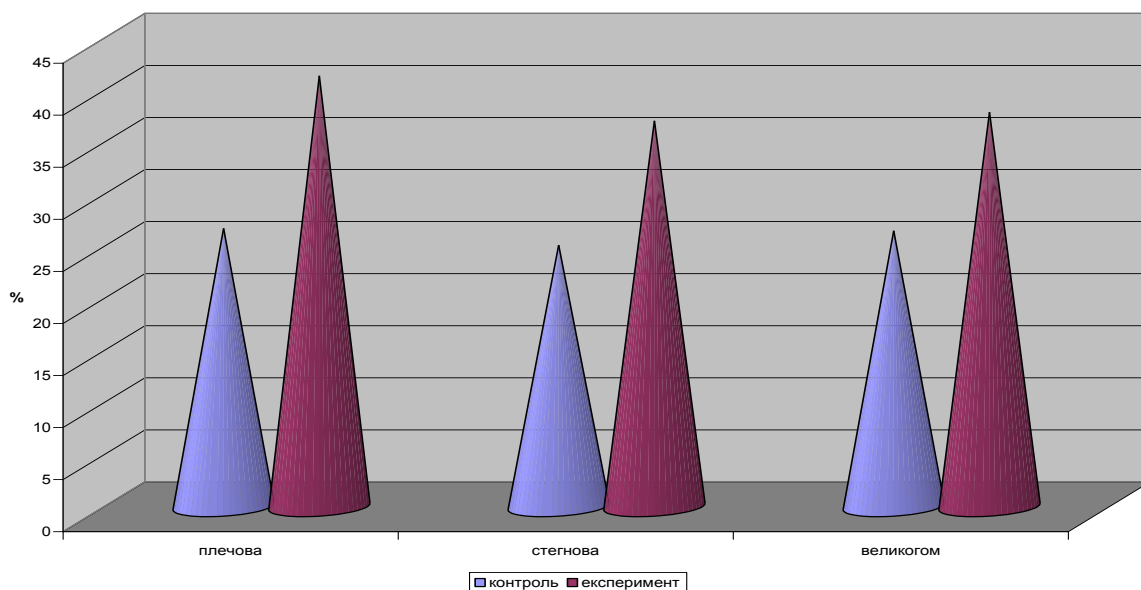


Рис.3.34. Відсоткове співвідношення вмісту свинцю в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.4.2.

Через місяць після експерименту вміст цинку зростає на 23,58 %; 22,31 %; 25,13 %, свинцю - на 26,73 %; 25,14 % і 26,50 %. Дефіцит мінеральних речовин сягає загрозливого характеру і складає 38,85 %; 32,47 % і 34,62 %, кальцію – 39,20 %; 36,91 % і 35,28 %, магнію – 23,48 %; 25,72 % і 28,11 %, міді – 16,99 %; 17,39 % і 20,77 %, марганцю – 22,15 %; 23,95 % і 24,82 %.

По відношенню до контролю ці показники теж дещо збільшуються. Так, надлишок вмісту вологи становить 12,87 %; 7,75 % і 9,95 %, натрію та калію – 11,97% і 11,61 %; 12,27 % і 11,83 %; 10,48 % і 10,64 %, свинцю – 14,66 %; 11,92 % і 11,39 %, цинку – 11,13 %; 8,45 % і 9,21 %. Одночасно зменшується вміст мінеральних речовин на 16,09 %; 8,29 %, і 11,64 %, кальцію – на 17,55 %; 11,36 % і 8,87 %, магнію – на 11,03 %; 13,01 % і 14,39 %, міді – на 8,73 %; 6,94 % і 8,28 %,

марганцю – на 6,09 %; 8,75 % і 7,79 %, відповідно у плечовій, стегновій і великогомілковій кістках.

3.4.3. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії помірних статичних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю. Osteометричні показники тварин даної групи істотно відрізняються від проведеного контролю. Довжина плечової, стегнової та великогомілкової кісток зменшується на 10,85%; 11,71 % та 11,21 % у порівнянні з інтактними тваринами. По відношенню до контрольних тварин ці показники збільшуються на 3,86 %; 3,20 % та 3,50 % (рис.3.35).

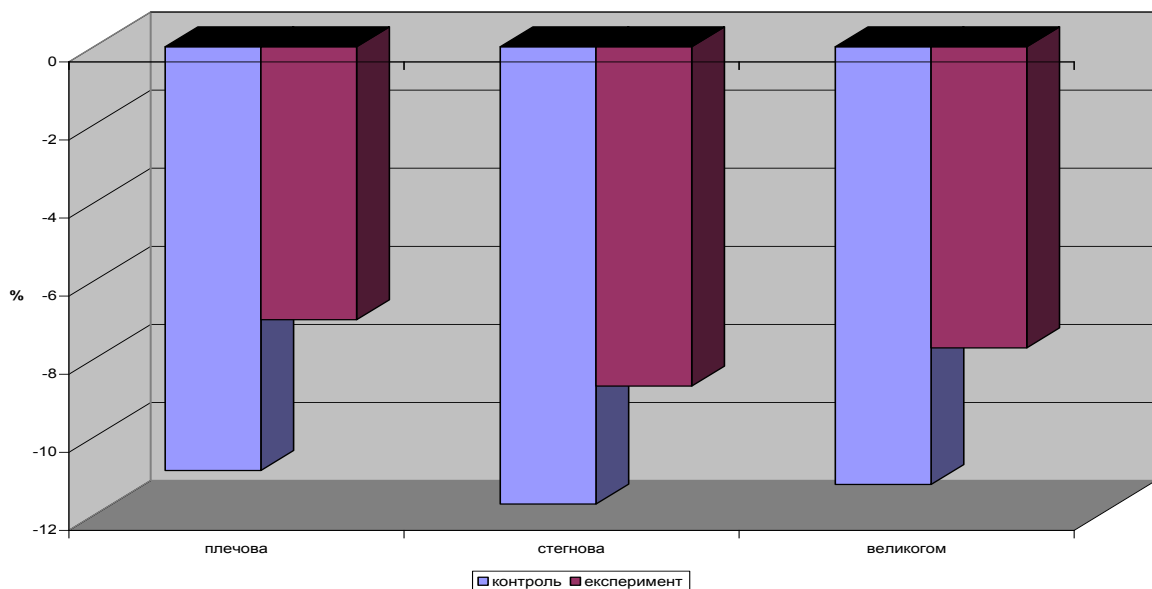


Рис.3.35. Відсоткове співвідношення довжини довгих кісток щурів експериментальної групи 3.4.3.

Ширина проксимального та дистального епіфізів досліджених кісток, порівняно з інтактними тваринами, зменшується на 9,74 % і 9,43 %; 9,46 % і 9,48 %; 10,25 % і 12,55 %, відповідно. По відношенню до контролю різниця, навпаки, збільшується у плечовій кістці на 3,24 % і 3,01 %, стегновій – на 3,57 % і 4,44 %, великогомілковій – на 1,31 % і 0,98 %.

Ширина та передньо-задній розмір діафіза, порівняно з інтактними тваринами, збільшується на 9,03 % і 10,18 %; 10,63 % та 9,11 %; 10,04 % і 10,22 %. По

відношенню до контрольних тварин ці показники нижчі на 4,78 % і 5,45 %; 4,18 % та 2,46 %; 3,37 % і 3,19 %.

Межі наросткового хряща нерівні, місцями глибоко вдаються в перекладки губчастої речовини епіфіза (рис.3.36).

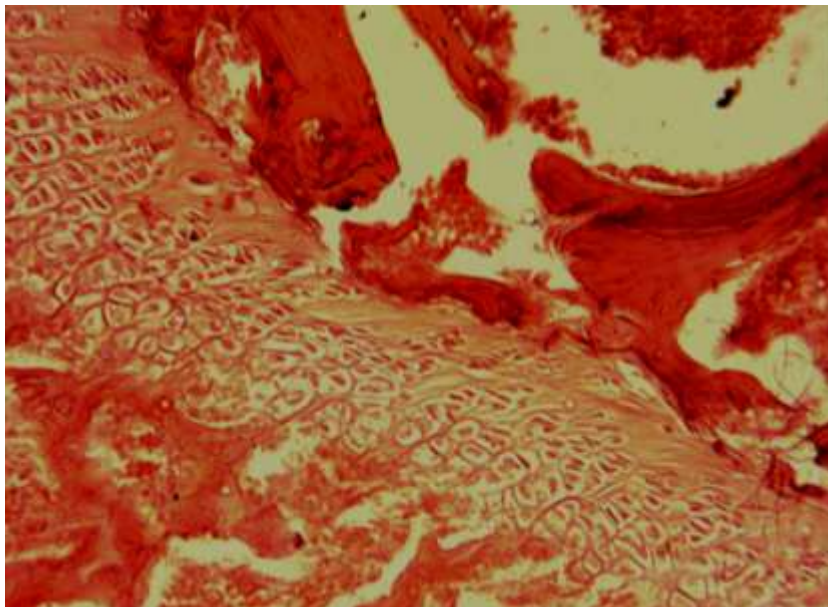


Рис.3.36. Дистальний епіфізарний хрящ стегнової кістки щура під впливом помірних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cr, Pb. Ізогенні групи хондроцитів. Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.10.

Зона проліферації звужена, порівняно з контролем. Значно збільшується кількість сполучної речовини, що місцями відокремлює хондроцити в ізогенні групи, руйнуючи стовпчасту структуру зони. Кількість мітозів зменшується, збільшується вміст клітин атипової форми (полігональні та сплющені). Кількість клітин, що формує стовпчики, зменшується. Зона дефінітивного хряща представлена зруйнованими клітинами, багато з яких зі зруйнованою оболонкою та дистрофічними змінами в ядрі, багато клітин сплющеної форми, що оточені великою кількістю сполучної речовини. Зона деструкції представлена конгломератом напівзруйнованих клітин зі значним вмістом сполучної речовини.

Ширина епіфізарного хряща плечової, стегнової, великогомілкової кісток, порівняно з інтактними тваринами, менша на 14,35 %; 16,32 % та 17,93 %, в

основному за рахунок проліферуючого хряща, ширина якого в цей термін зменшується на 13,51 %; 18,23 % та 19,93 %.

Ширина дефінітивного хряща в досліджених кістках зменшується на 11,33 %; 15,28 % та 15,99 %, одночасно ширина зони деструкції збільшується на 9,75 %; 12,41% і 13,82 %.

По відношенню до контрольних тварин ширина наросткового в кістках хряща збільшується на 5,75 %; 11,57 % і 10,56 %. Ширина проліферуючого та дефінітивного хрящів збільшується на 13,30 %, 11,22 % і 11,02 % та 7,4 %; 7,45 % і 8,83 %. Натомість зона деструкції зменшується на 5,64 %; 5,18 % і 5,59 %, відповідно (рис.3.37).

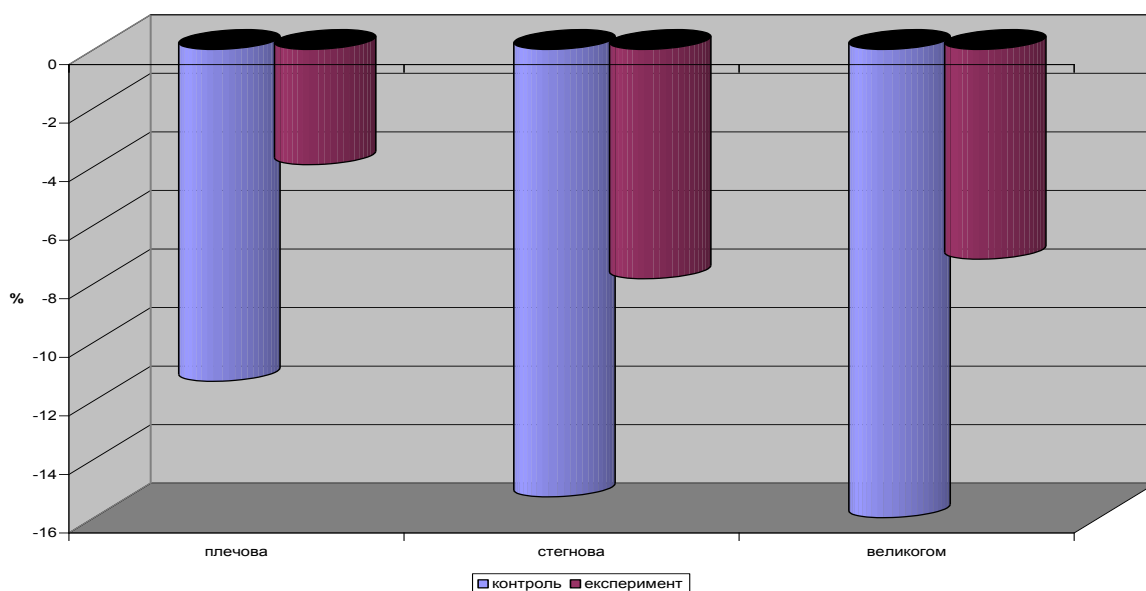


Рис.3.37. Відсоткове співвідношення ширини зони дефінітивного хряща довгих кісток шурів експериментальної групи 3.4.3.

У діяфізі відмічається збільшення товщини та кількості ліній склеювання в периостальному шарі (рис.3.38). Сама зона нерівна, місцями на межі з остеонним шаром помітні ділянки губчастої речовини. Кількість остеобластів зменшена, їх ядра нечітко забарвлені. На межі з остеонним шаром та в його глибині відмічається поява багатоядерних клітин – остеокластів, що утворюють невеликі за розміром порожнини резорбції. Перфоруючі канали збільшуються в розмірі, інколи зливаються, порушуючи структуру остеонного шару, сприяючи тим самим втраті

компактності кістки. Збільшується кількість первинних остеонів, що особливо помітно у великогомілкової кістці. Інколи відмічається хаотичне розміщення вставних пластинок. Втрата іонів кальцію та нерівномірність процесів мінералізації призводять до появи мозаїчних ділянок забарвлення. Внутрішні генеральні пластини місцями розірвані.

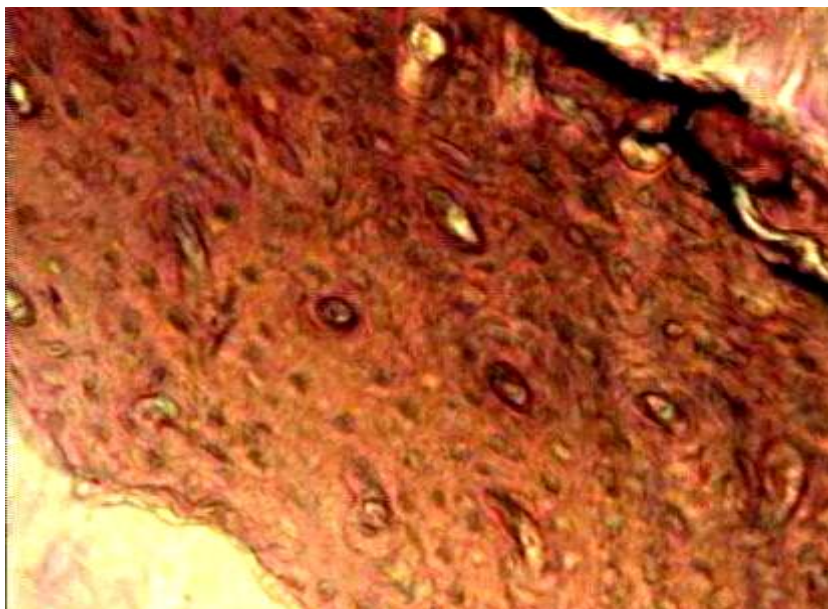


Рис.3.38. Діафіз стегнової кістки щура під впливом помірних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cr, Pb. Ділянки губчастої речовини на межі з остеонним шаром. Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Морфометричні зміни в діафізі характеризуються звуженням остеонного шару плечової, стегнової та великогомілкової кісток, порівняно з інтактними тваринами, на 13,42 %; 17,34 % та 17,66 % і розширенням зон зовнішніх на 10,05 %; 14,22 %; 12,38 % та внутрішніх генеральних пластинок – на 10,27 %, 14,55 % і 11,95 %. Діаметр остеонів у кістках зменшується на 9,21 %; 12,82 % та 11,52 %, тоді як діаметр каналу остеонів збільшується на 9,57 %; 12,02 % та 13,51 %, відповідно.

По відношенню до контролю ширина остеонного шару кісток розширена на 4,50 %; 5,29 % та 4,45 %. Одночасно відбувається звуження ширини зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок на 4,18 % і 4,44 %, 2,52 % і 4,52 %, 4,44 % та 6,86%. Діаметр остеонів досліджених кісток збільшується на 2,75 %; 2,91 % та

4,97%, в той же час діаметр каналу остеонів звужується на 3,20 %; 3,90 % та 3,69 %, відповідно.

Вивчення хімічного складу довгих кісток показало, що після помірних статичних навантажень відбуваються зміни в усіх групах тварин. Так, вміст вологи в плечовій, стегновій і великогомілковій кістках, порівняно з інтактними тваринами, збільшується на 12,84 %; 13,25 % та 13,45 %, кількість натрію та калію – на 10,18 % і 8,31 %; 10,84 % і 8,09 %; 13,57 % і 10,52 %, свинцю – на 9,32 %; 9,31 %; 10,37 %, цинку – на 9,55 %; 9,52 %; 9,68 %. Водночас відбувається зниження рівня кальцію – на 13,41 %; 16,74 %; 15,39 %, мінеральних речовин – на 15,53 %; 16,88 % і 15,91 %, магнію – на 9,37 %; 8,92 % і 8,83 %, міді – на 5,98 %; 7,14 % і 8,42 %, марганцю – на 10,30 %; 11,37 % і 11,98 %.

Разом з тим по відношенню до контрольних тварин у цих кістках кількість води зменшується на 6,57 %; 8,91 % і 7,0 %, натрію та калію – на 5,75 % та 4,91 %; 6,53 % і 5,90 %; 4,94 % і 3,80 %, свинцю – на 2,75 %; 3,91 % і 4,74 %, цинку – на 2,90%; 4,34 % і 6,24%. Одночасно збільшується вміст мінеральних речовин на 7,23%; 7,30 % і 7,07 %, кальцію – на 8,24 %; 8,81 % і 11,02 %, магнію – на 3,08 %; 3,79 % і 4,89 %, міді – на 2,28 %; 3,31 % і 4,07 %, марганцю – у плечовій і великогомілковій кістках на 5,76 % та 5,35 %.

3.4.4. Ріст і формоутворення довгих кісток тварин під впливом комбінованої дії інтенсивних статичних навантажень, опромінення і солей цинку, хрому та свинцю. Osteометричні показники тварин даної групи значно відрізняються від інтактних тварин. Довжина плечової кістки зменшується на 18,59%; стегнової – на 18,33 %; великогомілкової – на 15,90 %. По відношенню до контрольних тварин цей показник менший на 3,86 %; 3,42 % і 1,19 %, відповідно.

Ширина проксимального та дистального епіфізів менша за показники інтактних тварин на 19,09 % і 21,13 %; 13,39 % і 19,33 %; 13,39 % і 14,48 %. По відношенню до контролю ці показники зменшуються на 6,11 % і 8,69 %; 4,88 % і 5,41 %; 1,83 % і 0,98 %, відповідно.

Збільшення ширини та передньо-заднього розміру діафіза у плечовій, стегновій та великогомілковій кістках становить 22,78 % і 17,63 %; 17,03 % і 21,85%; 19,11 % і 19,33 %. По відношенню до контрольних тварин ці показники збільшуються на 8,97 % і 10,28 %; 2,0% і 5,70 % та 2,22 % і 5,92 %, відповідно.

Наростковий хрящ кісток тварин даної серії представлений тонким прошарком хондроцитів із нечіткими контурами та великою кількістю сполучної речовини (рис.3.39).

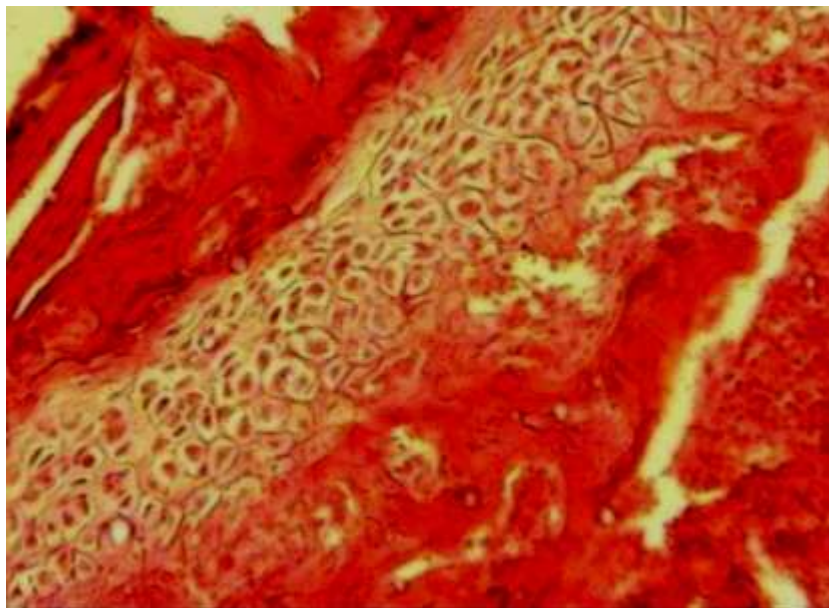


Рис.3.39. Дистальний епіфізарний хрящ плечової кістки щура під впливом інтенсивних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cr, Pb. Хондроцити із нечіткими контурами (1) та великою кількістю сполучної речовини (2). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.10.

Зона індиферентного хряща майже губиться в масиві сполучної речовини. Хондроцити проліферативної зони здебільшого сплющеної форми, відтіснені сполучною речовиною і формують масивні конгломерати, серед яких зустрічається велика кількість решток клітин. Поодинокі стовпчики хондроцитів складаються з 5-6 клітин, не орієнтованих у поздовжньому напрямі. Клітини погано сприймають барвники, фігури мітозу поодинокі. У масиві сполучної речовини зустрічаються

вогнища некрозів. Без чіткої межі шар проліферативних клітин переходить у зону дефінітивного хряща, який майже повністю заміщений сполучною тканиною. Зона деструкції розширена, утворення кісткового матриксу майже не відбувається.

Істотне зниження ширини наросткового хряща плечової, стегнової, великогомілкової кісток, порівняно з інтактними тваринами, складає 28,93%; 31,88% і 30,45 %. Ширина проліферуючого та дефінітивного хрящів менша на 32,45 % і 26,90 %; 35,28 % і 28,16 %; 34,52 % і 31,82 %. Зона деструкції перевищує показники інтактних тварин на 24,12 %; 23,41 %; 29,14 %.

По відношенню до контролю у цих кістках ширина зон проліферуючого та дефінітивного хрящів зменшується на 5,64 % і 8,17 %; 5,83 % і 5,43 %; 3,57 % і 7,0%, одночасно збільшується зона деструкції на 8,73 %; 5,82 %; 9,73 %. Взагалі ширина всього наросткового хряща менша на 8,83 %; 3,99 %; 1,96 %, відповідно.

У діяфізі домінують процеси резорбції, перебудова компактної речовини не відбувається, великі за розмірами порожнини остеокластичної резорбції, що виповнені сполучною тканиною, займають усі шари компакти (Рис.3.40).

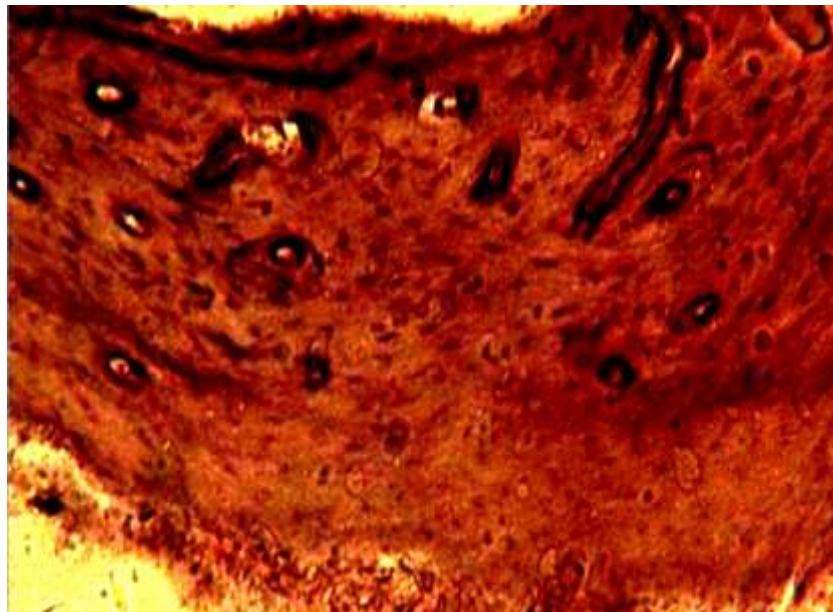


Рис.3.40. Діафіз великогомілкової кістки щура під впливом інтенсивних статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей Zn, Cr, Pb. Порожнини остеокластичної резорбції (1). Забарвлення гематоксилін - еозином. Ок.10.Об.20.

Межі між зонами нечіткі, звивисті, пластинки розміщені в різних площинах, що руйнує компактність кістки. Між пластинами периостального та ендостального шарів виникають широкі розриви, які місцями виповнені рихлою кістковою тканиною. Остеонний шар представлений виключно первинними остеонами, що складаються з 2-3 концентрично розміщених кісткових пластинок з широким каналом здебільшого овальної форми. Вставних пластинок мало, що вказує на різке уповільнення перебудови кістки. Ділянки мозаїчного забарвлення займають усю товщу компакти (рис.3.41).

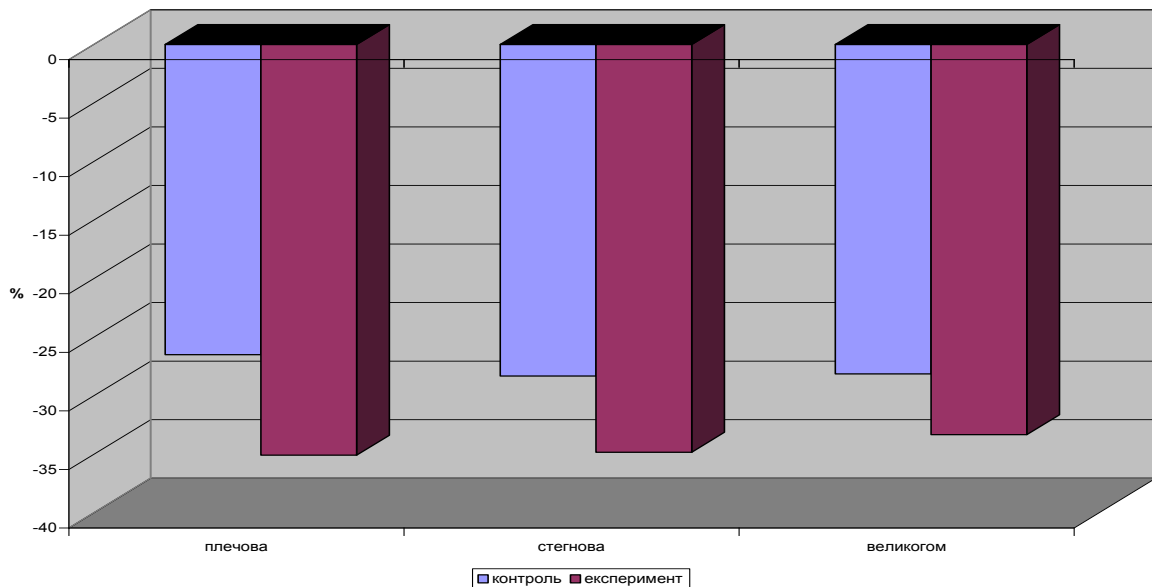


Рис.3.41. Відсоткове співвідношення ширини остеонного шару діафіза довгих кісток щурів експериментальної групи 3.4.4.

Ширина остеонного шару плечової, стегнової, великогомілкової кісток менша, в порівнянні з інтактними тваринами, на 26,49 %; 28,13 % і 28,30 %. Одночасно відбувається розширення шарів зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок на 22,12 % і 26,19 %; 22,94 % і 27,30 %; 22,49 % і 23,19 %. Діаметр остеонів менший на 21,43 %; 19,41 % і 20,05 %, натомість діаметр гаверсових каналів зростає на 20,73 %; 21,18 % і 23,42 %, відповідно.

По відношенню до контролю ширина остеонного шару звужена на 8,57 %; 5,18 % і 6,51 %. Ширина зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок, навпаки, більша на 7,89 % і 11,40 %; 6,20 % і 7,92 %; 5,67 % і 4,38 %. Діаметр остеона

зменшений на 9,47 %; 3,68 % і 3,56 %, а діаметр каналу розширений на 6,22 %; 5,26% і 6,22 %, відповідно.

Зміни хімічного складу характеризуються збільшенням їх вологості, зменшенням мінеральної насиченості та накопиченням іонів цинку, свинцю (рис.3.42).

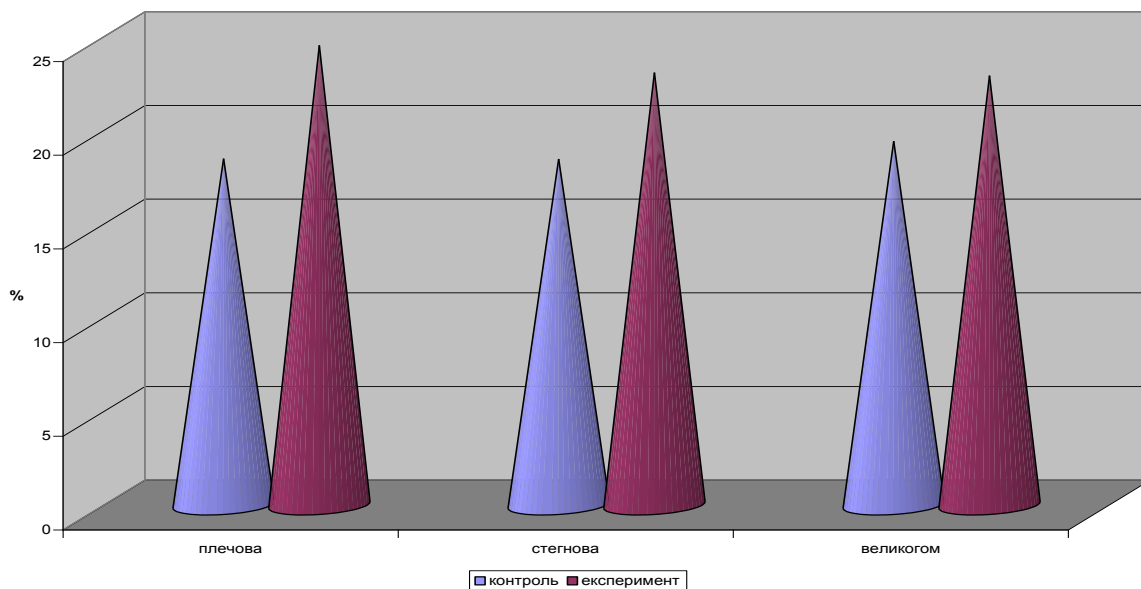


Рис.3.42. Відсоткове співвідношення вмісту цинку в довгих кістках щурів експериментальної групи 3.4.4.

Так, вміст води у плечовій, стегновій, великогомілкової кістках, порівняно з інтактними тваринами, збільшується на 26,01 %, 25,77 % і 25,98 %, натрію та калію – на 23,88 % і 19,68 %; 21,16 % і 19,80 %; 21,94 % і 20,19 %, свинцю – на 19,59 %; 20,45 % і 21,14 %, цинку – на 18,47 %; 18,49 % і 19,42 %. Одночасно відбувається зниження вмісту кальцію – на 30,72 %; 29,48 % і 31,68 %, мінеральних речовин – на 29,55 %; 28,03 % і 29,82 %, магнію – на 19,58 %; 18,32 %; 20,82 %, міді – на 14,55 %; 12,37 %; 20,82 %, марганцю – на 18,55 %; 19,36 %; 20,08 %, відповідно у плечовій, стегновій і великогомілкової кістках.

По відношенню до контролю, зменшується вологість кісток на 3,85 %; 6,36 %; 5,53 %, натрію – на 6,51 %; 5,83 % і 3,43 %, калію – на 5,69 %; 6,58 % і 5,87 %, марганцю – на 3,35 %; 3,30 %; 2,75 %, міді – на 4,10 %; 4,11 %; 5,53 %. Збільшується вміст мінеральних речовин – на 5,37 %; 5,27 % і 6,84 %, кальцію – на 5,17 %; 7,83 %

і 5,27 %, магнію – на 6,87 %; 5,87 % і 7,10 %, марганцю – на 3,35 %; 3,30 % і 2,75 %, цинку – на 4,61 %; 6,04 %; 3,50 %, відповідно.

Таким чином, інтенсивні динамічні та статичні навантаження підсилюють негативний вплив на скелет чинників зовнішнього середовища Шосткинського району Сумської області, різко пригнічуючи ріст усіх довгих кісток, при чому більшою мірою зменшується поздовжній ріст.

Статичні навантаження викликають у тварин менш виражені ростопригнічуючі та деструктивні зміни кісткової тканини, ніж аналогічні динамічні навантаження. Помірні динамічні навантаження викликають адаптаційні зміни в кістковій тканині і є нівелюючим чинником впливу опромінення та важких металів на ріст та мінеральний склад кісток скелета, хоча й в меншій мірі, ніж при впливі екологічних факторів Ямпільського і Середино – Будського районів Сумської області.

Результати даного підрозділу опубліковані в наукових працях [144,187,188,189,190,191].

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Здоров'я людини в умовах забрудненого навколишнього середовища – одна із важливих проблем сучасного суспільства. Невпинне погіршення стану здоров'я людства є найактуальнішою "больовою точкою" сьогодення. Особливо загострюється вона саме в наш екологічно неспокійний час, коли мутагенне навантаження на людину неухильно зростає. Встановлено, що несприятливі впливи на людський організм здійснюють численні фактори зовнішнього середовища: радіаційна ситуація, хімічне забруднення атмосферного повітря і води, солі важких металів тощо [5,54,135,151,195].

Взаємодія організму й середовища розглядається як гомеостатичний процес, тобто пристосування організму до довкілля. Одним із функціональних законів фізіології є закон постійності внутрішнього середовища організму, або закон збереження гомеостазу [29].

В Україні після Чорнобильської аварії суттєво змінилися параметри навколишнього природного середовища, збільшується вірогідність впливу підвищених доз радіації (і особливо її низьких доз) на населення деяких регіонів країни [27,90]. Так, у Сумській області, в північних районах, проведені в 2000 році дослідження виявили підвищення радіаційного фону та наявність у воді й ґрунті солей важких металів [згідно з доповіддю про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2000 році, виданою Міністерством екології та природних ресурсів України, державним управлінням екології та природних ресурсів у Сумській області, яка є складовою "Національної доповіді про стан навколишнього середовища в Україні у 2000 р" [48].

Для населення України, що мешкає на радіаційно забруднених територіях, проблеми гармонійного розвитку є надзвичайно актуальними. Структурно-функціональні особливості організму зумовлюють підвищену чутливість органів до дії шкідливих факторів. Зміни в кістках скелета при цьому є стійкими та

важкозворотними [23,129,136,164].

За даними сучасних авторів, кістка є живою структурою з високою чутливістю до різних регуляторних контролюючих механізмів, а також до ендо й екзогенних впливів [43,69]; це найважливіший учасник мінерального обміну зі значним резервом неорганічної фази і може швидко змінювати свою структуру й функцію залежно від механічних та метаболічних вимог організму. Її перебудова свідчить про суттєві функціональні зрушення в організмі і може слугувати показником ступеня адаптивної реакції організму на режим рухової активності [43].

Підвищення ролі фізичної культури та високі вимоги до спортивної майстерності сьогодні вимагають наукового підтвердження впливу фізичних навантажень на кістки скелета [78,152].

Проблема адаптації людини до фізичних навантажень в умовах екологічних збоїв та зміни функціонування різних органів і систем організму, що виникають при цьому, викликають велику зацікавленість дослідників у всьому світі [149,259].

Усе більший та інтенсивніший обсяг тренувальних занять і навантажень під час спортивних змагань на сучасному етапі розвитку спорту потребують глибокого вивчення дії на організм значних фізичних навантажень за несприятливих чинників екології.

Вивчення закономірностей пристосування організму до дії різних режимів рухової активності за умов мутагенного навантаження має не тільки теоретичне, а й практичне значення, зокрема для біологів та спортсменів. Велику зацікавленість викликають також питання обґрунтування режимів тренування та вироблення правильної методики фізичного виховання, спрямованої на гармонійний розвиток особистості. Їх вирішення неможливе без вивчення морфофункціональних процесів, що протікають в організмі при комбінованій дії на нього іонізації та солей важких металів на тлі фізичних навантажень. Важливе місце у розв'язанні цієї проблеми належить спортивній морфології, яка вивчає морфофункціональні прояви адаптації організму до умов спортивної і трудової діяльності. Питання, що стосуються впливу різних режимів рухової активності на організм, достатньо повно вивчені фізіологами і, значно меншою мірою, морфологами.

Таким чином, на сучасному етапі встановлена залежність морфофункціонального стану кісткової тканини від рухової активності організму. Однак механізми розвитку структурних порушень кісткової тканини до дії екологічних чинників на тлі фізичних навантажень залишаються недостатньо вивчені.

Назріла необхідність проведення широкого комплексного дослідження будови, росту та формоутворення довгих трубчастих кісток на одних і тих же тваринах при різних видах рухової активності (помірні й інтенсивні динамічні та статичні навантаження), враховуючи умови екології деяких регіонів України.

Виходячи з вищесказаного, метою даного дослідження є вивчення особливостей росту, будови, формоутворення та хімічного складу довгих кісток скелета при одночасній дії на організм малих доз іонізуючого випромінювання та підвищеного вмісту міді, цинку, марганцю, хрому та свинцю під час фізичних навантажень.

Для з'ясування механізмів сумісної дії низьких доз іонізуючої радіації та важких металів нами проведений експеримент на 160 білих безпорідних щурах – самцях 4-місячного віку. Вибір цих тварин обумовлений високим рівнем ростової активності їх скелета впродовж усього життєвого циклу з постійним функціонуванням наросткової пластинки росту [72,91].

Зважаючи на думку Б.А. Нікітюка (1980), що "Спорт – явище соціальне, його вплив на організм людини також соціальний, однак здійснюється за законами біології", основні закономірності впливу механічних навантажень на організм можна вивчити в модельних дослідженнях на тваринах, піддаючи їх дозованим навантаженням.

Для з'ясування впливу різних режимів рухової активності на довгі кістки експериментальних тварин в умовах іонізації та солей важких металів ми моделювали дію динамічних і статичних фізичних навантажень на спеціально сконструйованих пристроях. Тварин протягом місяця опромінювали дозою 0,2 Гр і, відповідно до серій, додавали до питної води солі важких металів у дозах та комбінаціях у відповідності з "Доповіддю про стан навколишнього природного середовища в Сумській області". Після закінчення експерименту проводилась

остеометрія плечових, стегнових і великогомілкових кісток, описувалися гістологічна та морфометрична характеристики наросткових хрящів і діафіза й визначався їх хімічний склад.

Моделювання статичних навантажень (СН) проводили на вертикальних жердинах [166]. Тварини перебували у вертикальному положенні, виконуючи щоденно, упродовж місяця, помірні навантаження починаючи від 1 до 5 хвилин. Інтенсивні статичні навантаження становили від 5 хв. до 20 хв. Динамічні фізичні навантаження (ДФН) здійснювали у третбані [162,165] за методикою В.В. Алексєєва та В.І. Без'язичного [2].

Для проведення порівняльного аналізу впливу фізичних навантажень на кістки скелета в умовах одночасної дії іонізуючого випромінення і солей важких металів протягом місяця контрольну серію щурів розбили на дві групи: перша – це інтактні тварини, які перебували в стаціонарних умовах віварію; друга – це щурі трьох підгруп, які на упродовж місяця одержували $3 \times$ разове опромінення сумарною дозою 0,2 Гр та водопровідну воду із солями Zn та Cu (Ямпільський район), Mn, Pb та Cu (Середино – Будський район), Zn, Cr і Pb (Шосткинський район). Концентрація металів у 10 разів перевищувала (ГДК) для цих елементів у питній воді [28,48]. Цю другу групу тварин ми назвали "суто" контрольною.

Після помірних статичних навантажень відбуваються незначні зміни росту й формоутворення кісток скелета, порівняно з контрольними тваринами.

Так, максимальная довжина стегнових кісток збільшується у першій групі (R+Ся) на 2,24% ($p < 0,001$), у другій групі (R+Ссб) – на 2,01 % ($p < 0,001$), у третій групі (R+Сш) – 3,20% ($p < 0,001$). Проксимальний наростковий хрящ, за рахунок якого відбувається основний ріст кістки в довжину, розширюється на 1,72 % – 2,01% – 3,57% ($p < 0,001$), дистальний, відповідно до груп, на 3,01 % – 2,76 % – 4,44 % ($p < 0,001$) (рис. 4.1).

Аналіз поперечних розмірів середини діафіза вказує на протилежну тенденцію. Так, після експерименту відбувається зменшення ширини та передньо – заднього розміру на 2,39% та 1,70% ($p < 0,001$) (R+Ся) – 3,01% та 1,83% ($p < 0,001$) (R+Ссб) – 5,45% і 3,37% ($p < 0,001$) (R+Сш).

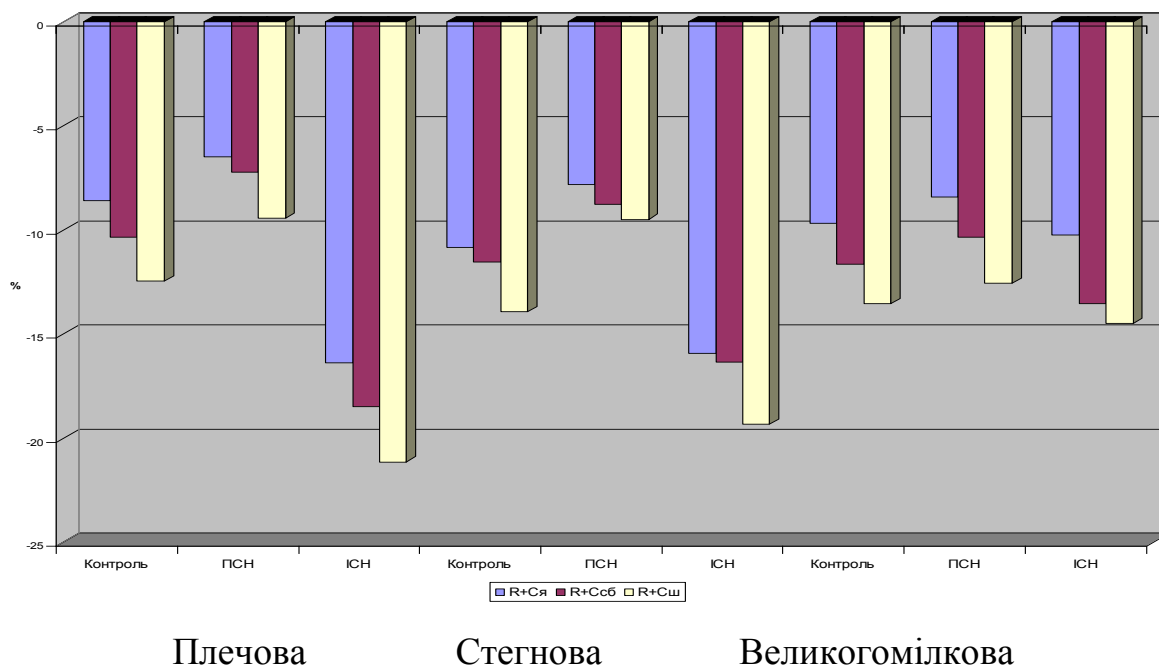


Рис.4.1. Процентне співвідношення ширини дистального епіфіза кісток тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Гістологічні дослідження показали, що у тварин в умовах радіації та солей важких металів на тлі помірних статичних навантажень структура наросткового хряща має майже типову будову, якісних змін не відмічається, що збігається з даними більшості дослідників [13,109,135,160,161]. Проте кількісно виявлено зміни як в епіфізах, так і діафізах, однак вони виражені помірно. Ширина всього наросткового хряща більша, відповідно до груп, на 0,23 % ($p < 0,05$) – 5,93 % ($p < 0,05$) – 6,16 % ($p < 0,001$).

По відношенню до контролю відбувається розширення зон проліферуючого і дефінітивного хрящів на 5,11 % і 4,30 % ($p < 0,001$) (R+Ся); 4,85 % і 4,51 % ($p < 0,001$) (R+Ссб); 11,22 % та 7,45 % ($p < 0,001$) (R+Сш) (рис. 4.2).

Відбувається потовщення компактного шару діафізів. Шар зовнішніх генеральних пластинок складається з кісткових пластин, що перекривають одна одну. Остеонний шар представлений типовими вторинними остеонами та вставними пластинами. Остеоцити, що розміщені в лакунах кісткового матриксу, мають розгалужену сітку каналців, у яких атрофовані або зруйновані відростки, вони слабо сприймають барвники. Пластинки ендостального шару повністю охоплюють

кістковомозкову порожнину, відмічається нерівномірність їх фарбування. Ширина остеонного шару, як зовнішніх так і внутрішніх генеральних пластинок, по відношенню до контролю звужується на 2,04 % і 3,18 % ($p < 0,01$) (R+Ся) – 2,68 % і 2,79 % ($p < 0,01$) (R+Ссб) – 4,44 % і 6,86 % ($p < 0,01$) (R+Сш) (рис.4.3).

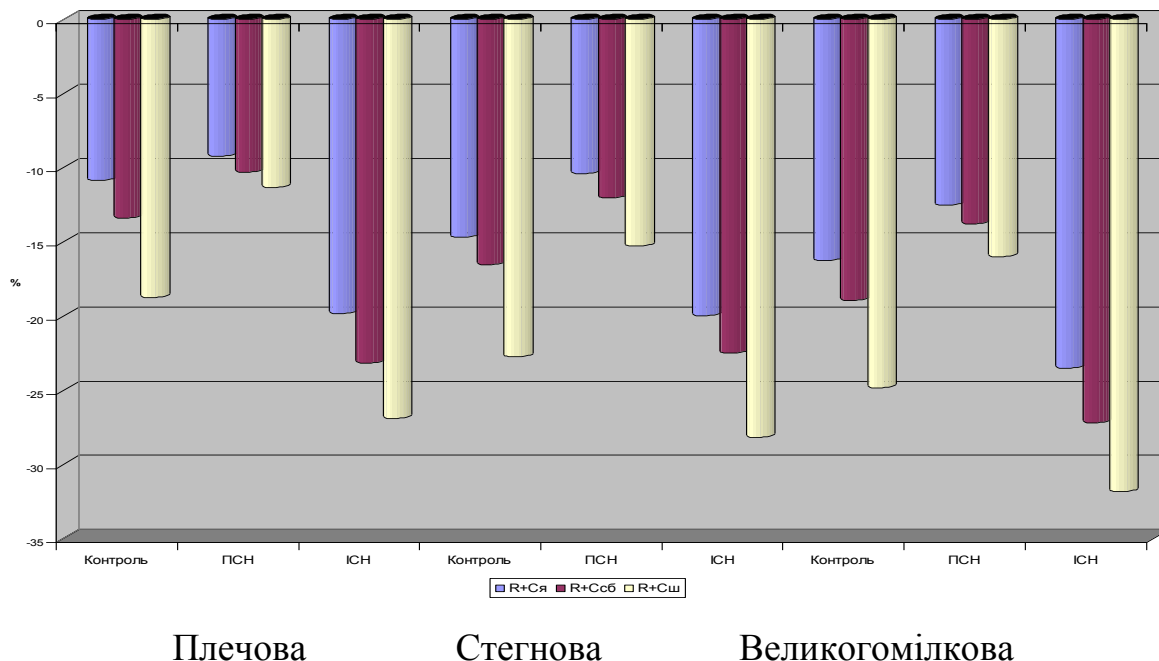


Рис.4.2. Процентне співвідношення ширини зони дефінітивного хряща кісток тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

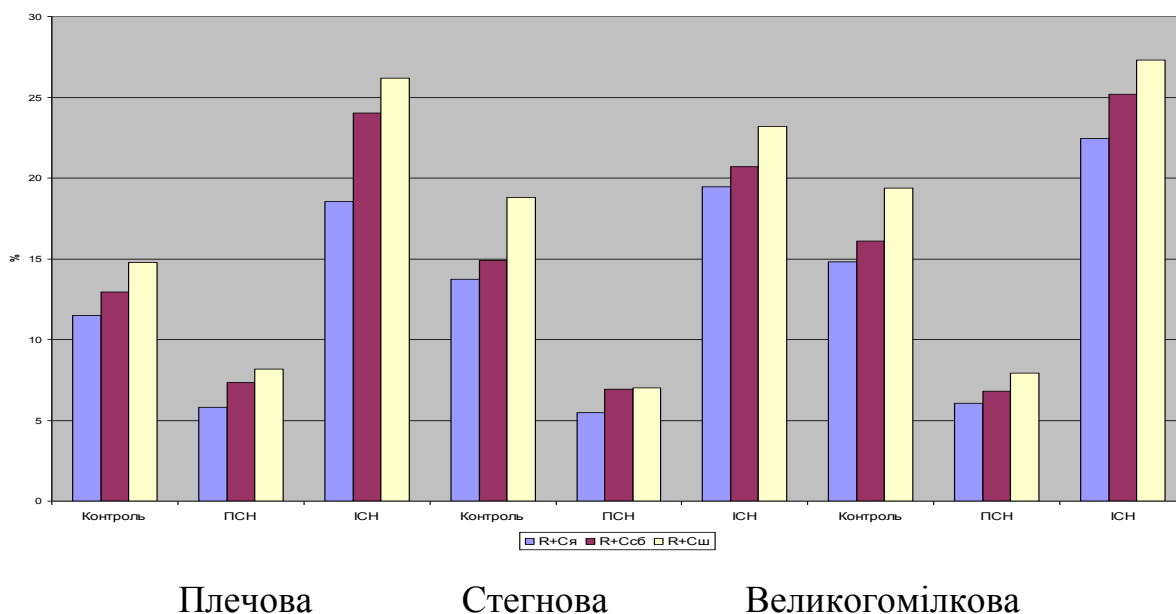


Рис. 4.3. Процентне співвідношення ширини внутрішніх оточуючих пластинок кісток тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Водночас збільшується діаметр остеона на 2,0 %; 1,72 %; 2,91 % ($p < 0,001$) та зменшується діаметр каналу остеона на 1,38 %; 2,42 %; 3,90 % ($p < 0,001$), відповідно.

Зона індиферентного хряща майже не реагує на вплив несприятливих чинників, що підтверджує результати багатьох досліджень інертності зони [20,22].

Гістологічно відбувається незначне порушення як структури ростової пластини, так і компактної речовини діяфіза. Під впливом помірного статичного навантаження відмічається незначне накопичення сполучної тканини в проліферативній та дефінітивній зонах.

Діяфіз, як більш стала структура [36,71,173], незначно реагує на ПСН.

У порівнянні з контролем, зміни хімічного складу кісток після помірних статичних навантажень характеризуються зменшенням води на 5,92 % ($p < 0,01$); 5,63% ($p < 0,05$); 8,91% ($p < 0,05$), натрію - на 4,81 %; 4,48 %; 6,53 % ($p > 0,5$), калію – на 2,84 %; 3,92 %; 5,90 % ($p > 0,5$). Разом з тим збільшується вміст мінеральних речовин на 5,19 %; 5,84 %; 7,30 % ($p < 0,01$), кальцію – на 4,84 % ($p < 0,05$); 6,42 % ($p < 0,01$); 8,81% ($p < 0,01$), магнію – на 4,84 %; 6,42 %; 8,81 % ($p < 0,0$), відповідно до груп (рис.4.4).

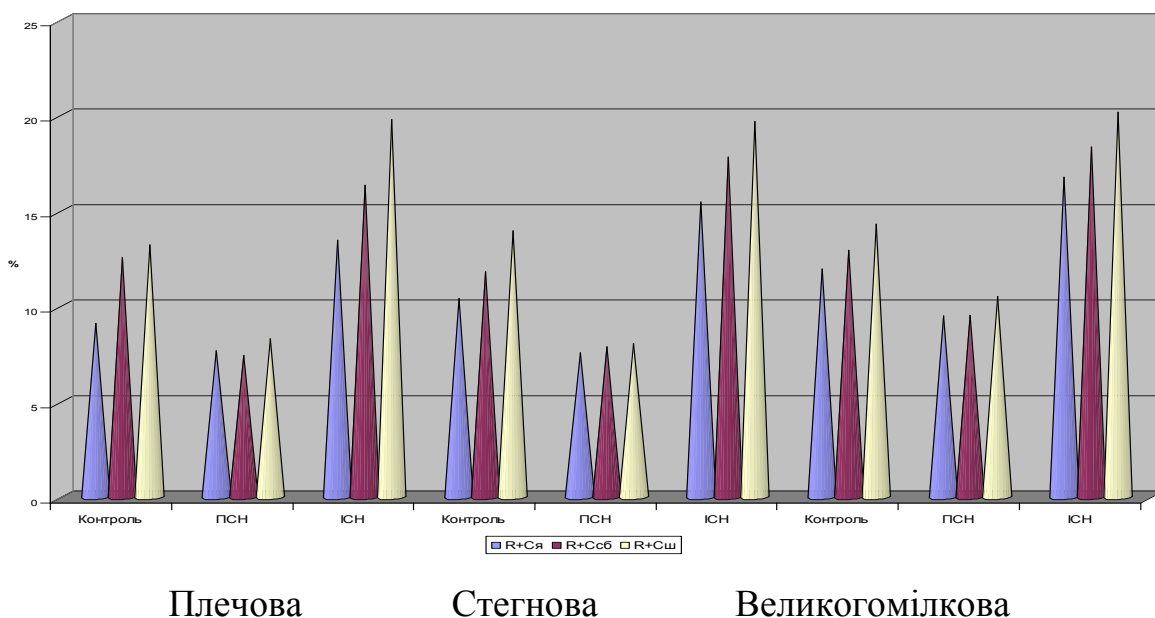


Рис.4.4. Процентне співвідношення кількості калію в кістках тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Ці дані підтверджують деякі дослідження [12,25,28] щодо накопичення екзогенних металів у кістках, очевидно через вплив радіації, що сприяє включенню міді, цинку, марганцю, свинцю, хрому до хімічного складу кістки, але наші цифри значно більші за рахунок помірних статичних навантажень.

Результати остеометричних досліджень підтверджують дані гістологічних та морфометричних методів дослідження. Помірні статичні фізичні навантаження призводять до розширення епіфізарних хрящів та їх зон, активізують ростові процеси і, таким чином, протидіють впливам екологічних чинників. Однак ступінь цих проявів порівняно незначний.

Помірні динамічні фізичні навантаження в умовах радіації та вживання солей важких металів викликають у експериментальних тварин незначне прискорення поздовжнього росту великогомілкових кісток, порівняно з контролем, на 4,26% ($p < 0,001$) (R+Ся); 5,98 % ($p < 0,001$) (R+Ссб); 7,22 % ($p < 0,001$) (R+Сш) (рис.4.5).

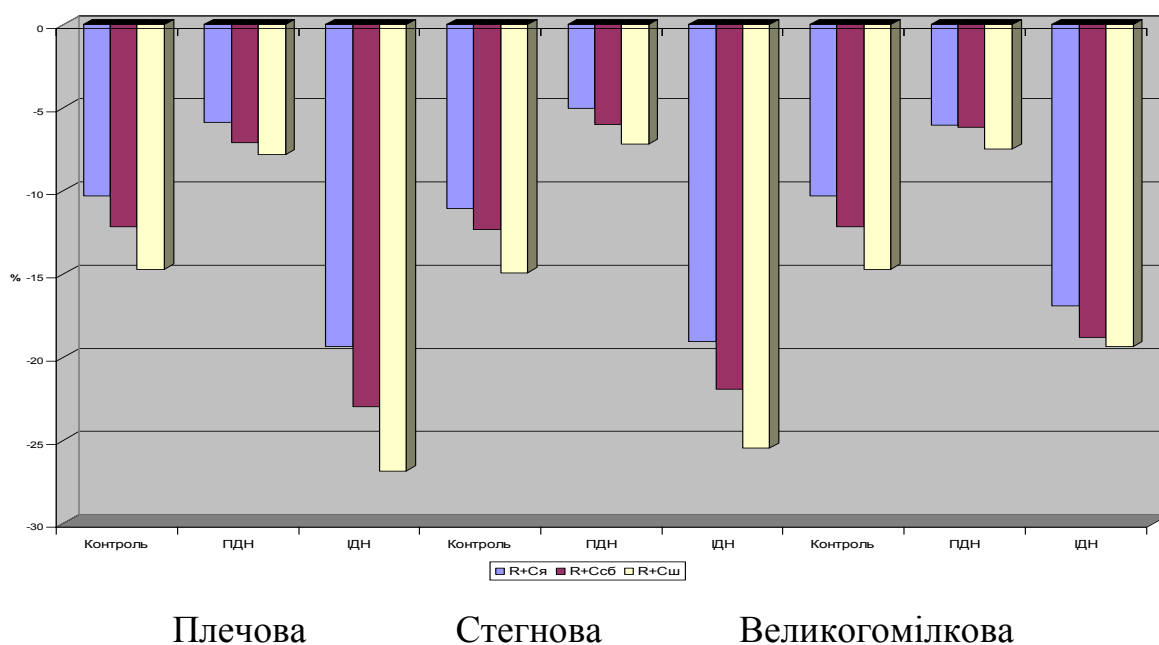


Рис. 4.5. Процентне співвідношення довжини довгих кісток тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Дещо менша різниця при оцінці лінійних змін ширини проксимального та дистального епіфізів на 2,97 % і 4,59 % ($p>0,5$); 4,31 % ($p<0,01$) і на 3,46% ($p>0,5$); 5,34 % ($p<0,01$) та 4,61 % ($p>0,5$), відповідно порівнянню. З такою ж закономірністю змінюється й передньо – задній розмір середини діафіза – на 4,66 %; 5,34 %; 6,05 % ($p>0,5$), відповідно.

Усі перелічені показники даної серії істотно відрізняються від інтактних та контрольних тварин. Ці дані підтверджують висновки дослідників про реадaptaційні процеси в кістковій тканині [14,86,155] під впливом помірних бігових тренувань.

Вплив динамічних навантажень помірного характеру в умовах іонізації та солей важких металів призводить до активізації ростових процесів, що проявляється збільшенням усіх лінійних та, меншою мірою, поперечних розмірів.

Отже, помірні фізичні навантаження динамічного характеру викликають прискорення поздовжнього й поперечного росту кісток. Поздовжній ріст змінюється значно більше. При порівнянні поперечних розмірів спостерігається превалювання змін в епіфізах над діафізами. Зміни лінійних розмірів більш значні у кістках задніх кінцівок, особливо у великогомілковій.

При якісній оцінці гістологічних препаратів епіфізарних хрящів помітна більш інтенсивна забарвленість хондроцитів, частіше можна побачити фігури мітозів із трьох і більше молодих форм. Межі між зонами виражені чіткіше. Будь якої різниці у структурі зони індиферентного хряща визначити не вдалося. Зона деструкції складається з колонок (по 2–3 хондроцити у кожній) великих слабозабарвлених клітин, ядра з різко вираженими контурами.

Ширина наросткового хряща великогомілкової кістки збільшується на 11,09% ($p>0,5$) (R+Ся); 12,41 % ($p>0,5$) (R+Ссб); 19,46 % ($p<0,05$) (R+Сш). Отримані нами дані росту епіфізарного хряща збігаються з даними ряду дослідників [48,49,81,129,131,161,190]. Зона проліферації збільшується на 9,32 % ($p<0,001$) – 12,54 % ($p>0,5$) – 18,65 % ($p<0,01$), ширина зони дефінітивного хряща розширюється на 9,27 %; 10,42 %; – 15,06 % ($p<0,01$), відповідно (рис. 4.6).

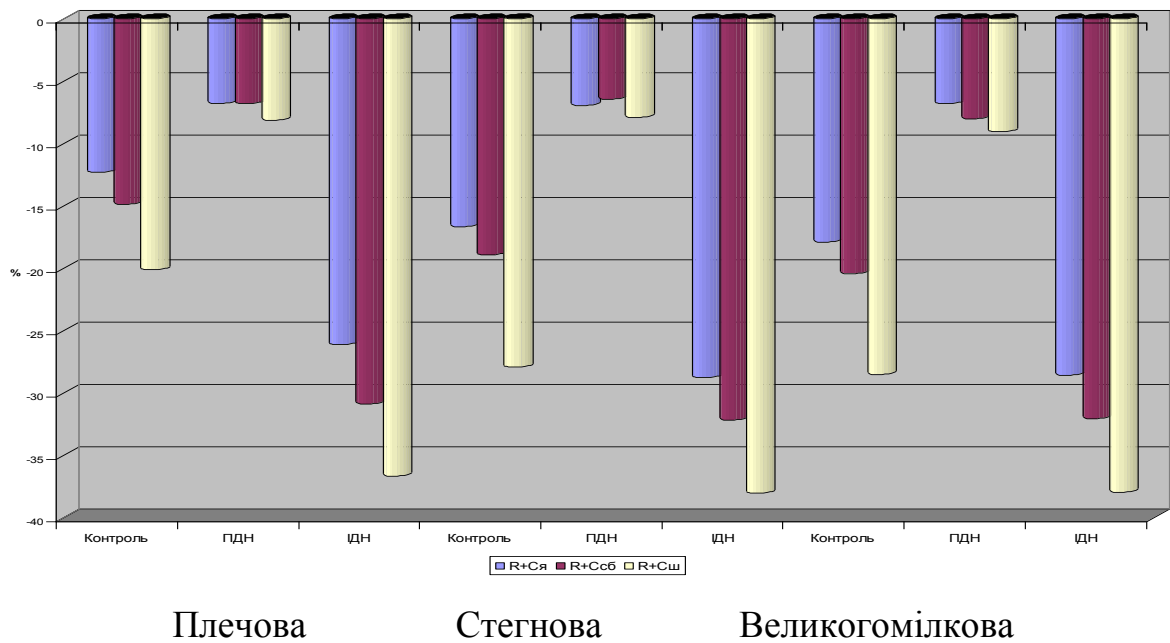


Рис. 4.6. Процентне співвідношення ширини епіфізарного хряща кісток тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Зона деструкції, навпаки, звужена на 5,65 %; 6,33 %; 10,36 % ($p < 0,001$) порівняно з контролем. У діафізах помітне витончення шарів зовнішніх і внутрішніх оточуючих пластинок, збільшення площі компактної речовини, розширення остеонного шару. На межі з ендостальним шаром з'являються лакуни резорбції, що свідчить про порушення перебудови кістки.

По відношенню до контрольних тварин ширина остеонного шару більша на 10,35 % ($p < 0,001$); 12,87 % ($p < 0,001$) ; 15,54 % ($p < 0,001$). Ширина зовнішніх пластинок менша на 9,01 % ($p < 0,01$); 10,21 % ($p < 0,01$) ; 10,21 % ($p < 0,001$), а внутрішніх – на 8,78 % ($p < 0,01$); 9,29 % ($p < 0,001$); 11,45 % ($p < 0,001$), згідно із групами. Діаметр остеона збільшується на 5,12 % ($p < 0,001$); 5,77 % ($p < 0,001$); 9,27%, ($p < 0,001$) одночасно зменшується діаметр каналу остеона на 7,39 % ($p < 0,001$); 7,07% ($p < 0,001$); 9,82 % ($p < 0,001$), відповідно (рис. 4.7).

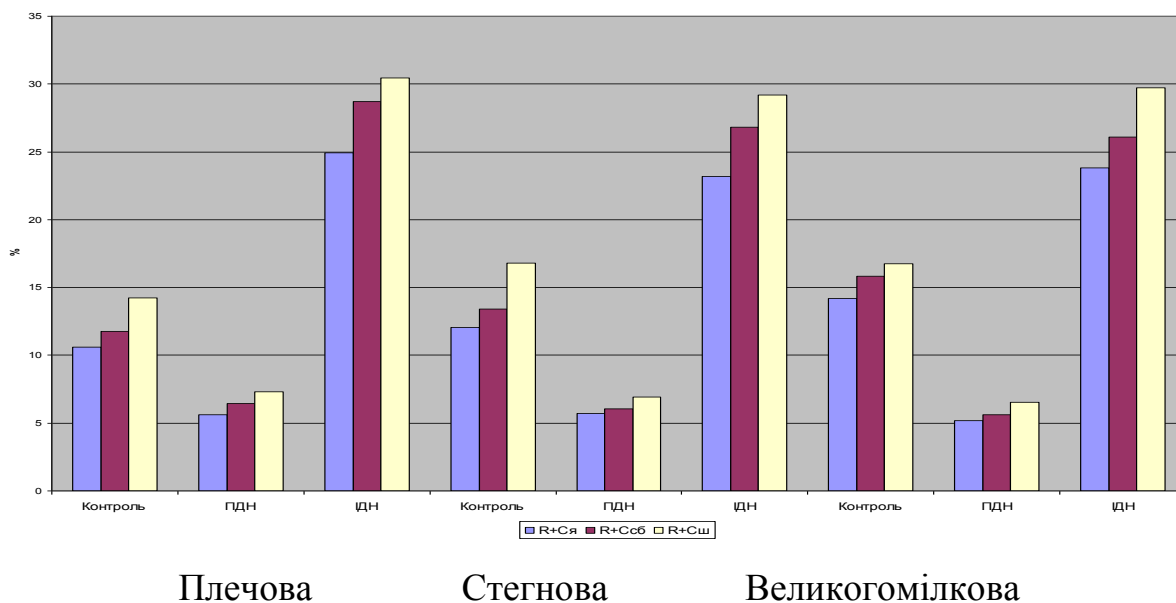


Рис. 4.7 Процентне співвідношення ширини зовнішніх оточуючих пластинок кісток тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Зіставляючи кількісні показники, відмічаємо, що бігові навантаження сприяють більш вираженій дії на ріст і формоутворення довгих кісток скелета під впливом екологічних чинників Сумського регіону, що підтверджується дослідженнями В.Г. Ковешнікова і співавт. [66,73,74,109], Я.І Федонюка і співавт. [13,44,110,166].

Помірні динамічні навантаження значно нівелюють вплив місцевих екологічних чинників. Це підтверджується і при вивченні хімічного складу кісток.

По відношенню до контролю відбувається зменшення вологості на 8,61 % ($p > 0,5$), 8,56 % ($p > 0,5$), 12,09 % ($p > 0,5$); вміст у гідрофільних елементів натрію і калію – на 5,81 % ($p > 0,5$) і 5,36 % ($p > 0,5$); 6,37 % ($p > 0,5$) і 6,08 % ($p > 0,5$), 10,48 % ($p > 0,5$) і 8,08 % ($p > 0,5$); свинцю – на 0,15 % ($p > 0,5$), 7,01 % ($p < 0,05$), 7,29 % ($p < 0,05$); міді в першій та другій групах – на 9,03 % ($p > 0,5$), 9,04 % ($p > 0,5$), марганцю в першій та третій групах – на 6,88 % ($p > 0,5$) і 8,37 % ($p < 0,05$). Водночас збільшується вміст мінеральних речовин – на 8,66 % ($p < 0,05$), 9,39 % ($p < 0,05$), 13,73 % ($p < 0,05$),

кальцію – на 9,85 % ($p < 0,05$), 10,71 % ($p < 0,05$), 15,69 % ($p < 0,05$); магнію – на 5,50 % ($p > 0,5$), 4,59 % ($p > 0,5$), 7,68 % ($p > 0,5$); міді у третій групі – на 6,81 % ($p > 0,5$), марганцю у другій групі – на 6,02 % ($p < 0,05$), відповідно до груп Ямпільського, Середино – Будського і Шосткинського районів Сумської області.

Таким чином, помірні динамічні навантаження в умовах дії екологічних чинників викликають прискорення поздовжнього і поперечного росту кісток, підвищення рівня їх мінерального обміну та покращення якісних і кількісних характеристик, викликаючи раціональну форму адаптації, що проявляється проліферативною активністю клітинних елементів наросткового хряща і збільшенням компактного шару діафіза. Помірні фізичні навантаження дозволяють зменшити негативні наслідки впливу опромінення та металів на ріст і формоутворення довгих кісток скелета.

Порівнюючи характер впливу помірних статичних навантажень з аналогічними динамічними, встановлено низку загальних закономірностей. Зіставляючи кількісні показники, відмічаємо, що бігові навантаження сприяють більш вираженій дії на ріст і формоутворення довгих кісток скелета за умов екологічних чинників Сумщини.

Помірні статичні навантаження після експерименту призводять також до активізації ростових процесів, однак ступінь їх проявів набагато менший, ніж при аналогічних динамічних.

Треновані тварини значно легше переносять дію несприятливих чинників зовнішнього довкілля. Помірні фізичні навантаження є коригуючим чинником фактором впливу опромінення та солей важких металів на ріст та формоутворення довгих кісток скелета. Серед різних режимів фізичного навантаження найбільше профілактичне значення мають помірні динамічні навантаження.

При щоденному тренуванні тварин протягом місяця інтенсивними статичними навантаженнями в умовах комбінованої дії опромінення та вживання металів відбувається затримка росту. Враховуючи дані Б.І. Когана [76] про властивість ”допорогових” статичних навантажень стимулювати ріст кісток, а ”запорогових”

гальмувати його, ми вивчили вплив не тільки помірних, а й інтенсивних статичних навантажень.

Остеометрія довела, що довжина великогомілкової кістки по відношенню до контрольних тварин зменшується на 3,99 % ($p < 0,001$) (R+Ся); на 2,78 % ($p < 0,001$) (R+Ссб); на 1,19 % ($p < 0,001$) (R+Сш). Ширина проксимального та дистального епіфізів менша відповідно на 3,10% ($p < 0,01$) і 0,57% ($p < 0,05$) (R+Ся), 2,07 % ($p < 0,001$) і 1,91 % ($p < 0,05$) (R+Ссб), 1,83 % ($p < 0,001$) та 0,95 % ($p < 0,05$) (R+Сш) (рис. 4.8).

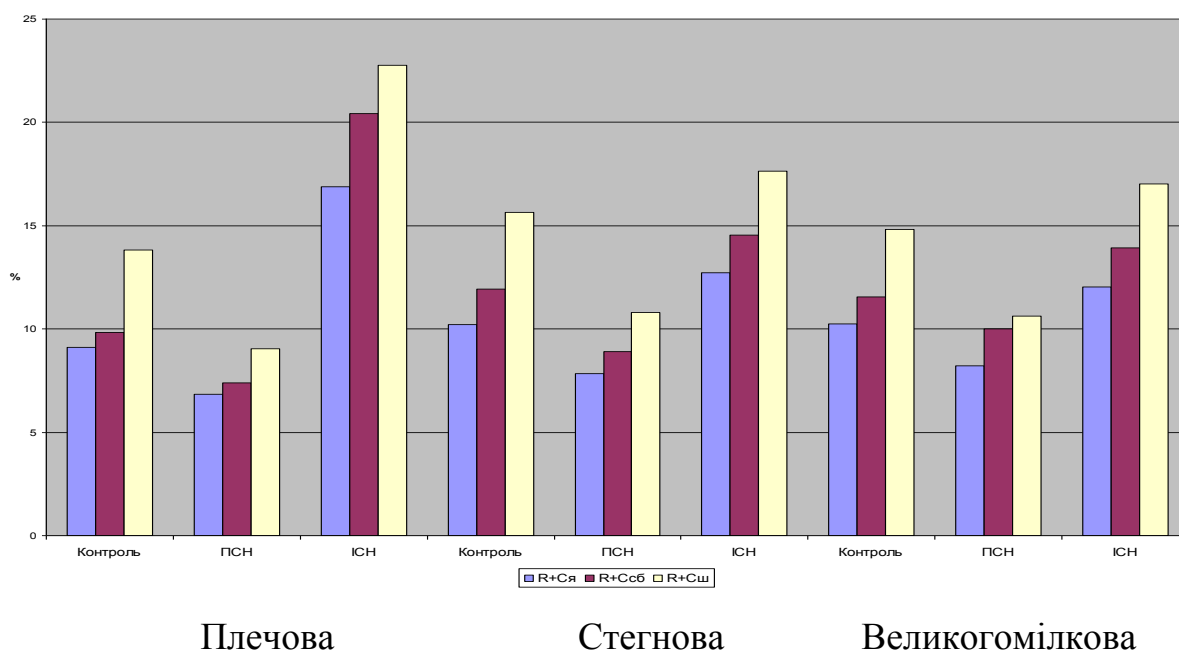


Рис.4.8. Процентне співвідношення ширини діафіза кісток тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Усі перелічені показники даної групи значно відрізняються від таких у тварин, які виконували помірні статичні навантаження зменшенням лінійних розмірів. Це збігається з результатами багатьох дослідників [30,31,32,50].

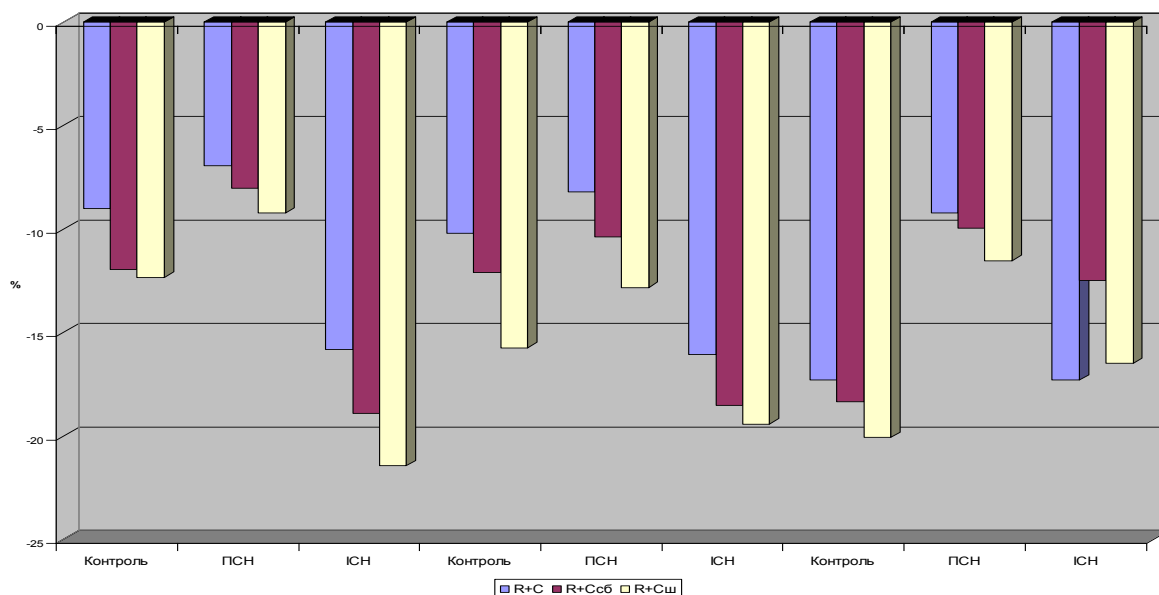
Наростковий хрящ, що забезпечує ріст кістки в довжину, у даних тварин зазнає змін. У наростковому хрящі збільшується кількість сполучної речовини, руйнуючи стовпчасту будову зон. Фігури мітозу поодинокі. Збільшується вміст атипових клітин. Дефінітивний хрящ майже не виявляється і зливається із зоною

деструкції. Хондроцити проліферативної зони мають овальну форму, ядро зморщене, цитоплазма еозинофільна. Мітотична активність клітин різко пригнічена. З боку сторони хондроцитів дефінітивного хряща також відмічається значне зниження їх проліферативної активності. Клітини зменшені в розмірах, ядро часто пікнотично зморщене. Орієнтація клітин набуває хаотичного характеру. Між стовпчиками хондроцитів збільшується кількість проміжної речовини з ознаками дистрофічних змін. Зона деструкції представлена зруйнованими хондроцитами, в яких з'являються ознаки кальцифікації, що підтверджується зміною забарвлення.

Морфометрично – відбувається звуження ростової зони за рахунок проліферуючого та дефінітивного хрящів, що більш виражені, ніж у тварин після помірних статичних навантажень. Так, ширина хряща по відношенню до контрольних тварин зменшується на 5,74 % ($p < 0,001$) у групі (R+Ся), на 8,21 % ($p < 0,001$) – у групі (R+Ссб), на 1,96 % ($p < 0,001$) – у групі (R+Сш). Звуження зон проліферуючого та дефінітивного хрящів перевищує цифри контрольних тварин у групі (R+Ся) на 6,86% ($p < 0,001$) і 7,26 % ($p < 0,001$), у групі (R+Ссб) на 5,23 % ($p < 0,001$) і 8,24 % ($p < 0,001$), у групі (R+Сш) – 3,57 % ($p < 0,001$) та 7,0 % ($p < 0,001$). Зона деструкції, навпаки, розширена на 8,11 % ($p < 0,001$); 8,18 % ($p < 0,001$); 9,73 % ($p < 0,001$), відповідно.

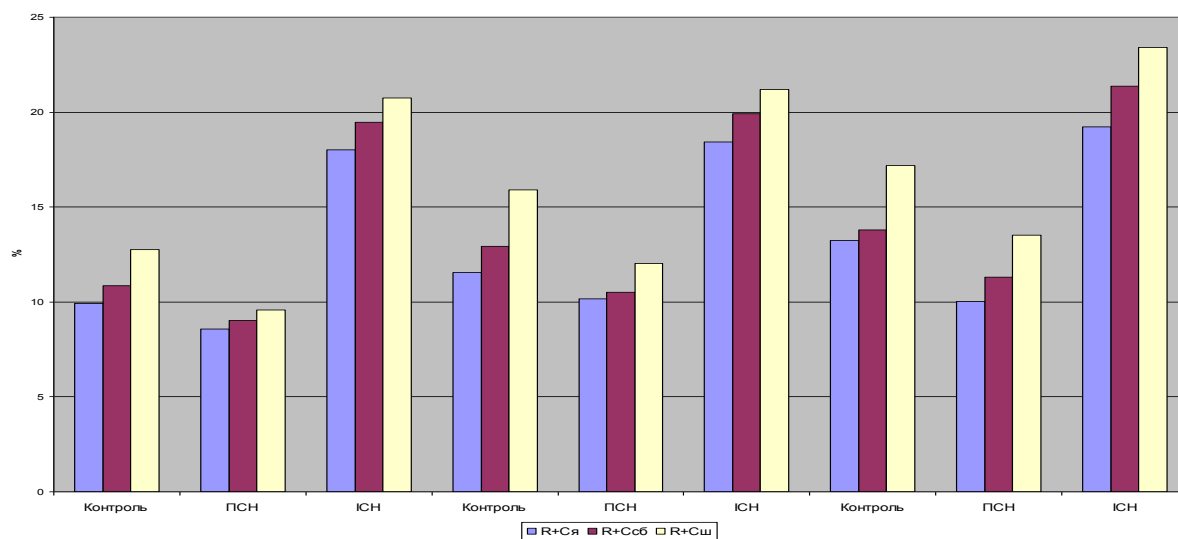
У діафізі збільшується кількість ліній склеювання в зоні зовнішніх генеральних пластинок. Вогнища резорбції займають значні площини та виповнені сполучною тканиною. Кількість первинних остеонів значно збільшується. Різко зменшується кількість клітин в ендостальній зоні, що свідчить про пригнічення остеогенезу. З'являються без'ядерні або багатоядерні остеокласти, що прискорюють резорбцію кістки.

Морфометричні показники діафіза досліджуваних кісток наочно відображають зростаючі зміни в компактній речовині діафіза після інтенсивних статичних навантажень (рис. 4.9 – 4.10).



Плечова Стегова Великогомілкова

Рис.4.9. Процентне співвідношення діаметра остеонів кісток тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів



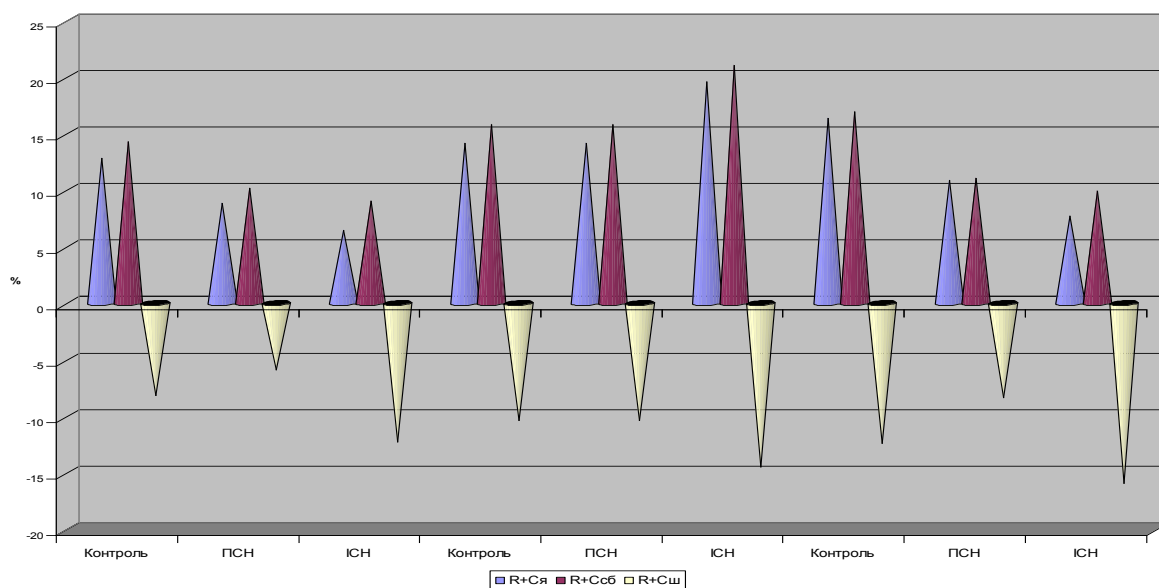
Плечова Стегова Великогомілкова

Рис. 4.10. Процентне співвідношення діаметра каналу остеонів кісток тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення та вживання солей важких металів

Так, ширина остеонного шару зменшена, порівняно з контролем, у групі (R+Ся) на 5,28 % ($p < 0,001$), у групі (R+Ссб) – на 5,57 % ($p < 0,001$), у групі (R+Сш) – на 5,18 % ($p < 0,001$). Розширення шарів зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок перевищує показники контрольних тварин на 4,59 % ($p < 0,001$) і 7,62 %

($p < 0,001$); 4,50 % ($p < 0,001$) і 9,10 % ($p < 0,001$); 6,20 % ($p < 0,001$) та 7,92 % ($p < 0,001$), відповідно. Поява первинних остеонів свідчить про сповільнення перетворення грубоволокнистої кісткової тканини у пластинчасту.

З боку хімічного складу виявлене ще більше води в кістках в порівнянні з контрольними тваринами на 4,74 % ($p < 0,05$); 6,29 % ($p < 0,05$); 5,53 % ($p < 0,01$), марганцю в другій групі – на 4,89 % ($p < 0,001$), Продовжують зростати рівні гідрофільних калію та натрію. Зменшення мінералізації відбувається за рахунок кальцію, вміст якого менший по відношенню до контрольних тварин на 4,90 % ($p < 0,001$), 7,07 % ($p < 0,001$); 5,27 % ($p < 0,001$), міді – на 8,65 % ($p > 0,5$); 7,01 % ($p < 0,05$); 3,53 % ($p < 0,01$), марганцю в першій і третій групах – на 6,85 % ($p < 0,001$); 5,35 % ($p < 0,001$), відповідно (рис. 4.11.).



Плечова

Стегнова

Великогомілкова

Рис 4.11. Процентне співвідношення кількості міді в кістках тварин під впливом статичних навантажень в умовах опромінення та вживання солей важких металів.

Метали, що в надмірній кількості надходили в організм тварин,

накопичуються в кістках: так, вміст цинку в першій та третій групах перевищує контроль на 5,17 % ($p < 0,01$) та 3,50 % ($p < 0,01$), свинцю у другій та третій – на 4,86% ($p < 0,01$); 6,03 % ($p < 0,001$), марганцю у другій групі – на 4,89 % ($p < 0,001$).

Таким чином, інтенсивні статичні навантаження в умовах радіації та вживання солей важких металів призводять до подальшого значного пригнічення росту та мінералізації довгих трубчастих кісток. Солі цинку, хрому, свинцю найбільш токсичні, тим більше в комбінації з навантаженнями інтенсивного характеру, що збігається з результатами ряду дослідників [25,39].

Інтенсивні статичні навантаження призводять також до збіднення кісткової тканини мінеральними речовинами, що, безумовно, викликає порушення міцнісних властивостей скелета.

При місячному тренуванні інтенсивними динамічними навантаженнями в умовах опромінення та вживання солей важких металів у довгих трубчастих кістках спостерігається найбільше відставання всіх лінійних розмірів. Аналіз літератури показав, що існує дві точки зору про дію на опорно - руховий апарат підсиленого спортивного тренування. Так Я.І. Федонюк [167], О.М. Довгань [41] та ін. відмічають збільшення довжини кісток під впливом великого навантаження. В.І. Нікитюк, [101], D.V.Carter [212] та ін. вважають, що підвищені механічні навантаження затримують ріст кісток або ж він залишається незмінним.

Усе це наслідок відсутності стандартизованих підходів до визначення інтенсивності навантажень. У нашій роботі застосовувався біг у третбані з навантаженням 80 % від максимального. Довжина кісток по відношенню до контрольних тварин зменшується в середньому в групах R+Ся - на 6,63 % ($p < 0,001$), R+Ссб – на 6,67 % ($p < 0,001$), R+Сш – на 4,65 % ($p < 0,001$). Зменшується ширина проксимального та дистального епіфізів, відповідно, на 4,83 % ($p < 0,001$) і 5,14 % ($p < 0,05$); 5,49 % ($p < 0,01$) і 5,03 % ($p < 0,05$); 5,47 % ($p < 0,001$) і 4,36 % ($p < 0,01$). Помітно збільшуються поперечні розміри в групах R+Ся на 5,13 % ($p < 0,001$) і 7,81% ($p < 0,001$); R+Ссб на – 3,69% ($p < 0,001$) і 10,29 % ($p < 0,001$), R+Сш – на 4,31 % ($p < 0,001$) і 8,95 % ($p < 0,001$) (рис.4.12).

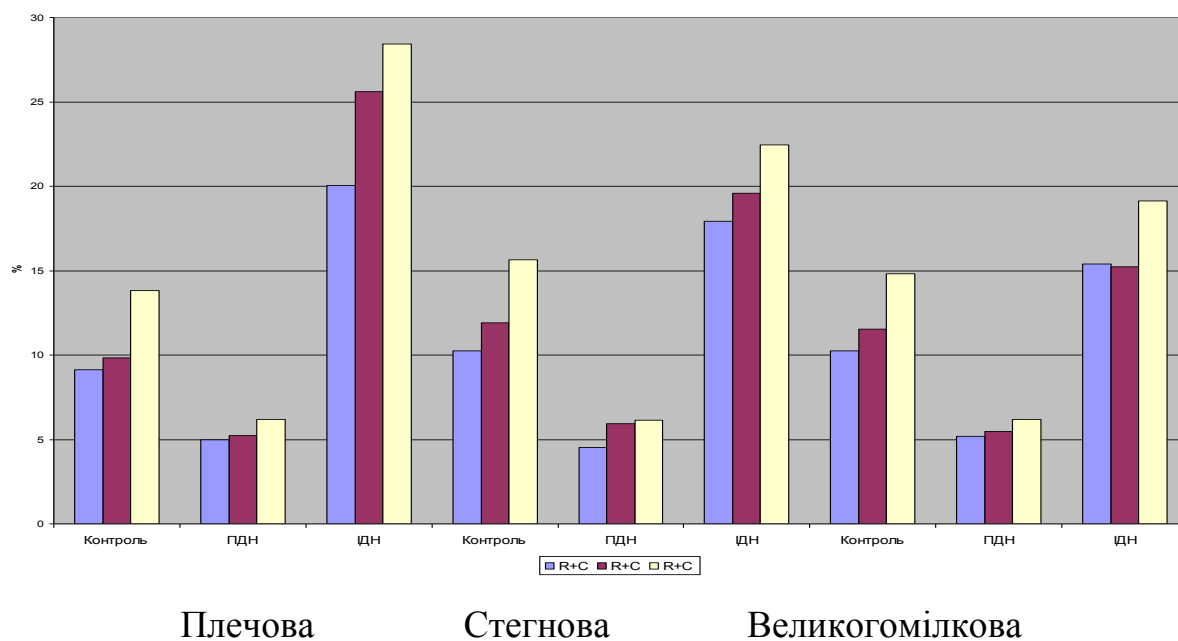


Рис. 4.12. Процентне співвідношення ширини діафіза кісток тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення та вживання солей важких металів.

Вплив випромінення та солей важких металів на тлі інтенсивних динамічних навантажень призводить до значних змін наросткових хрящів. Найбільші зміни відбуваються в умовах екології Шосткинського району. Наростковий хрящ різко звужений за рахунок, в основному, зони проліферуючого хряща, клітини якої формують конгломерати, орієнтовані в різних площинах, різко зменшена кількість хондроцитів. Клітини неправильної (сплющеної та полігональної) форми, багато з них із напівзруйнованим ядром та гігантськими вакуолями. Сполучна речовина відділяє клітини в ізогенні групи та повністю порушує стовпчастість зони. Межі із дефінітивним хрящем не має. У масивах сполучної речовини розміщені вогнища некрозів. На межі із зоною деструкції велика кількість уламків клітин.

Морфометрично підтверджується значне звуження як загальної ширини хряща, так і окремих його зон, за винятком зони деструкції, яка, навпаки, збільшується. Ширина хряща по відношенню до контрольних тварин зменшується на 10,65 % ($p < 0,001$); 11,61 % ($p < 0,001$); 9,44 % ($p < 0,001$), відповідно до груп. Звуження відбувається в основному за рахунок проліферативної та дефінітивної зон на 14,72 % ($p < 0,001$) та 13,34% ($p < 0,001$) (R+Ся), на 12,30 % ($p < 0,001$) та 14,34 % ($p < 0,001$) (R+Ссб), на 8,83 % ($p < 0,001$) та 14,69 % ($p < 0,001$) (R+Сш), відповідно (рис.4.13).

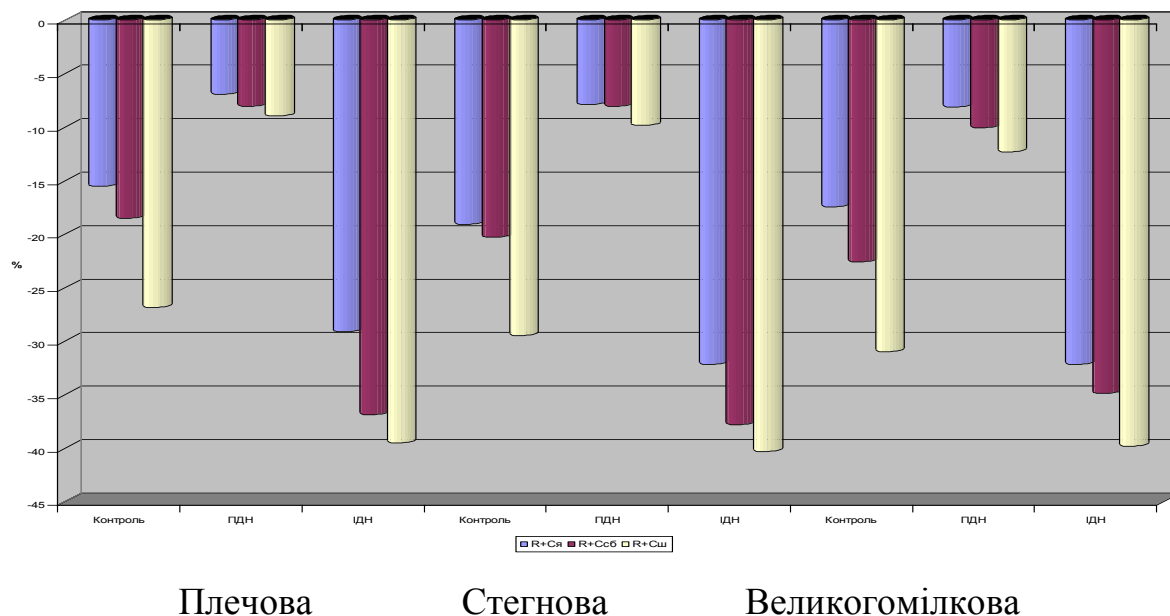


Рис. 4.13. Процентне співвідношення ширини зони проліферуючого хряща кісток тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Зона деструкції максимально розширена після експерименту на 12,68% ($p < 0,001$), 15,15% ($p < 0,001$), 16,03% ($p < 0,001$), відповідно до груп. Зона індуферуючого хряща майже не реагує на вплив несприятливих чинників, що підтверджує результати багатьох дослідників щодо інертності цієї зони [70,71]. Вивчення діафіза кісток щурів цієї групи довело, що в умовах випромінювання та важких металів в комбінації з інтенсивними динамічними фізичними навантаженнями відбуваються найбільш інтенсивні зміни. В діафізі значно розширений ендостальний шар відштовхує до периоста остеонну зону, яка втрачає свою звичайну будову. В ній переважають первинні остеони еліпсоподібної форми з широким каналом, порожнини гладкоклітинної та остеокластичної резорбції, ділянки мозаїчного забарвлення великих розмірів та неправильної форми. На межі периостального та остеонного шарів відмічаються лінії склеювання хвилястої форми, що місцями зливаються. Остеобласти та остеоцити майже не забарвлюються, утворюючи видимість порожнин та розривів у компактній речовині.

Ширина остеонного шару компактної речовини великогомілкових кісток щурів по відношенню до контрольних тварин зменшується, при чому найбільші інтенсивні зміни проходять у тварин III групи (R+Сш) (рис. 4.14).

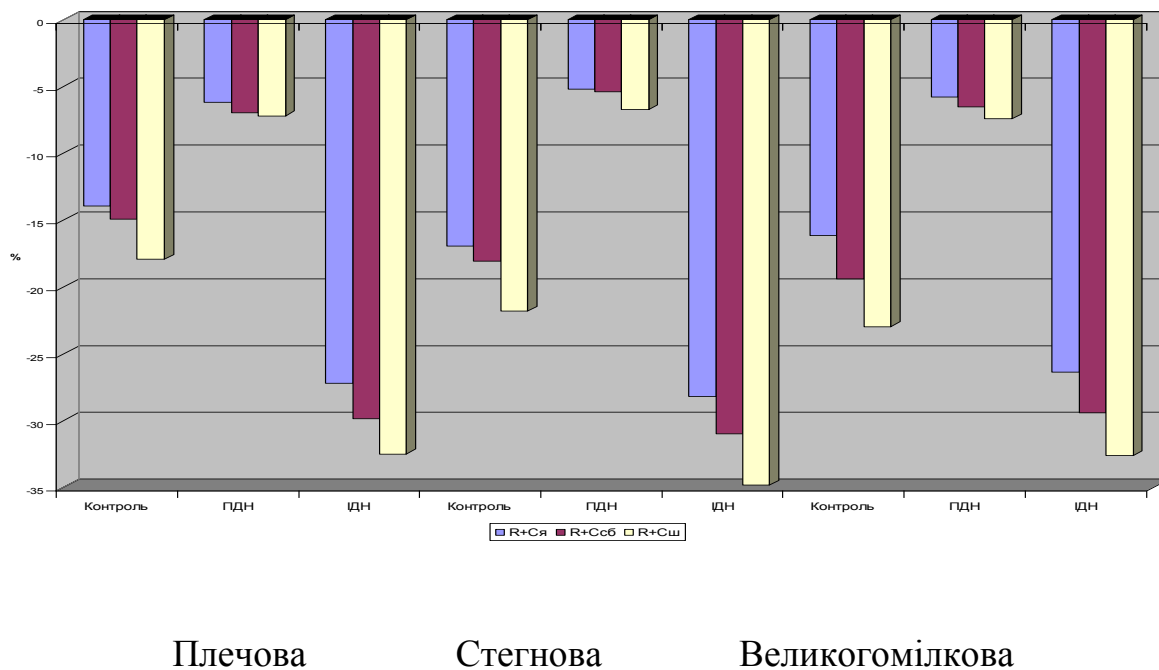
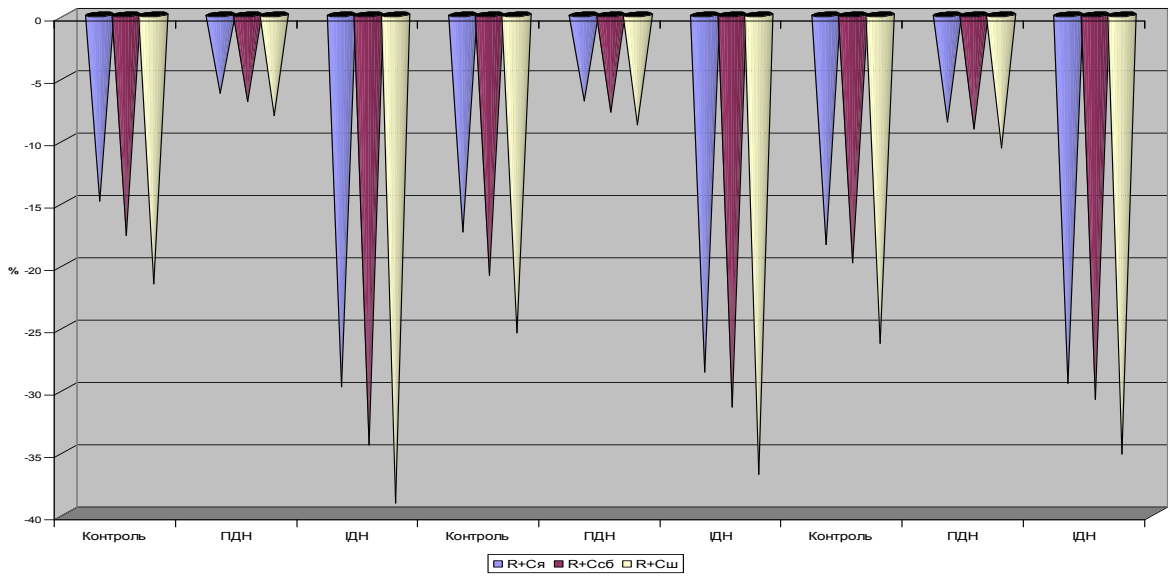


Рис. 4.14. Процентне співвідношення ширини остеонного шару кісток тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

По відношенню до контрольних тварин ширина шару зовнішніх та внутрішніх генеральних пластинок розширена в відповідних групах на 9,66 % ($p < 0,001$) і 12,38% ($p < 0,001$) (R+Ся); на 10,30 % ($p < 0,001$) і 14,21 % ($p < 0,001$) (R+Ссб); на 12,99% ($p < 0,001$) і 14,20% ($p < 0,001$) R+Сш).

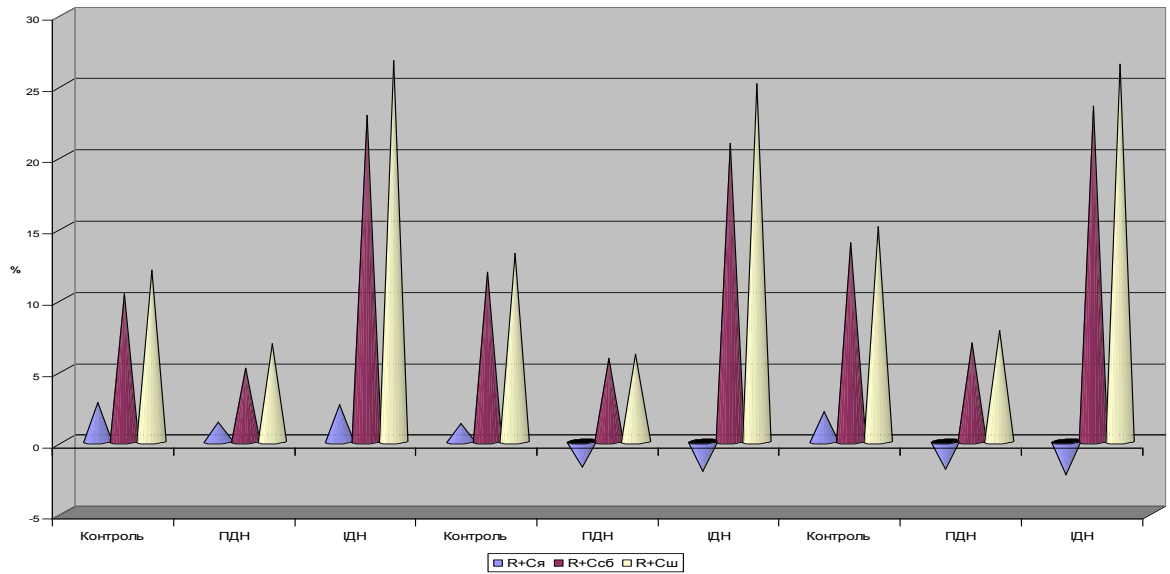
Велика кількість первинних остеонів характеризується звуженням їх діаметра та розширенням каналу на 10,89 % ($p < 0,001$) і 10,87 % ($p < 0,001$); 14,35 % ($p < 0,001$) і 15,13 % ($p < 0,001$) 13,09 % ($p < 0,001$) та 15,21 % ($p < 0,001$).

Вивчення хімічного складу довгих кісток показало, що опромінення та солі важких металів разом з інтенсивними динамічними навантаженнями призводять до остеопоротичних проявів [25,47]. Спостерігається досить значна демінералізація за рахунок виведення з тканини кальцію: так, різниця складає в групі R+Ся – 11,07% ($p < 0,001$), в групі R+Ссб – 10,99 % ($p < 0,001$), в групі R+Сш – 8,87 % ($p < 0,001$) (рис.4.15 – 4.16).



Плечова Стегнова Великогомілкова

Рис. 4.15. Процентне співвідношення кількості кальцію кісток тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів



Плечова Стегнова Великогомілкова

Рис. 4.16. Процентне співвідношення кількості свинцю в кістках тварин під впливом динамічних навантажень в умовах опромінення і вживання солей важких металів

Збільшення вмісту води після експерименту по відношенню до контрольних тварин сягає 10,07 % ($p < 0,001$); 9,59 % ($p < 0,001$); 9,95 % ($p < 0,001$) і супроводжується збільшенням натрію, калію. Значно зменшується вміст міді: в групі R+Ся – на 11,71 % ($p > 0,5$), у групі R+Ссб – на 11,41% ($p > 0,5$), в групі R+Сш –

на 8,28 % ($p < 0,001$), марганцю – в групі R+Ся на 6,85 % ($p < 0,001$). Метали, що надходили ззовні, депонуються в кістковому матриксі. Цинку в першій та третій групах більше на 10,25 % ($p < 0,001$) та 9,21 % ($p < 0,05$), свинцю в другій та третій групах – на 9,58 % ($p < 0,001$) і 11,39 % ($p < 0,001$), марганцю в другій групі – на 4,89% ($p < 0,001$).

Таким чином, інтенсивні динамічні навантаження значно підсилюють негативну дію чинників зовнішнього середовища Сумщини, викликаючи у тварин стан фізичної перевтоми, пригнічують ріст кісток, порушують структуру кісткової тканини. Ці дані збігаються з рядом досліджень кісток скелета [40,107]. Вплив радіації та інтенсивних динамічних навантажень призводить до більш руйнівної дії важких металів.

Отже, використання єдиного методичного підходу, а також комплексу адекватних методів дослідження на великому однорідному експериментальному матеріалі дозволило виявити загальнобіологічні закономірності структурних перетворень довгих кісток тварин, що розвивалися в умовах шкідливих екологічних чинників і отримували різні режими рухової активності. Встановлено, що ефект впливу солей важких металів, опромінення на процеси морфогенезу залежить від виду та інтенсивності фізичних навантажень.

Результати проведеного дослідження мають як теоретичне, так і практичне значення, оскільки вони дають методичну базу для вивчення адаптаційних перетворень у кістковій системі, визначення діапазону її можливостей, прогнозування тренувальних процесів та цілеспрямованого проведення профілактичних заходів на забруднених територіях.

Моделювання різних режимів рухової активності не повною мірою відповідає тренувальним процесам людини у фізичній культурі та спорті. Результати, отримані під час даного експериментального дослідження, мають відношення до розкриття загальнобіологічних закономірностей, оснований на індивідуальних і генетично обумовлених особливостях індивідуумів, знання яких слугуватиме морфологічним

підґрунтям тренувального процесу і прогнозування структурних перетворень у скелеті при різних режимах рухової активності та запобігання травм і розвитку остеопорозу.

ВИСНОВКИ

У дисертації представлені теоретичні узагальнення й нове вирішення наукової задачі, що полягає у виявленні особливостей структурної перебудови довгих кісток скелета за дії інтенсивних та помірних динамічних та статичних фізичних навантажень в умовах опромінення та вживання солей важких металів.

1. Комбінована дія іонізуючого випромінення та солей важких металів зумовлюють остеодепресивні прояви в довгих кістках скелета, уповільнюючи остеогенез у метаепіфізарній пластинці й діяфізі і викликають зменшення приросту всіх остеометричних та морфометричних показників, у середньому, на 9,0 % - 12,3%, а також зниження вмісту мінеральних речовин на 11,4 % – 19,1 % на тлі підвищення гідратованості кісток.

2. Інтенсивні статичні і, більшою мірою, динамічні фізичні навантаження підсилюють, у середньому, на 12,2 % - 18,1 % негативну дію опромінення і важких металів на ріст, формоутворення та мінеральний склад плечових, стегнових і великогомілкових кісток скелета.

3. Помірні статичні й динамічні навантаження частково нівелюють пригнічення постнатального розвитку кісток скелета, викликаного дією несприятливих екологічних чинників Сумської області.

4. Інтенсивні фізичні навантаження на тлі комбінованої дії опромінення і важких металів демінералізують кістки скелета переважно за рахунок заміщення кальцію іонами свинцю, міді і марганцю в кристалічних комірках гідроксилапатиту, сприяючи затримці росту кісток. Ці зміни менші при використанні інтенсивних статичних навантажень: так, вміст кальцію нижчий на 20 % - 25 %, а магнію – на 16% - 20 %.

5. Максимальний коригуючий ефект на структуру кісткової тканини в умовах опромінення і надлишкового вживання солей міді та цинку (Ямпільський район) притаманний помірним біговим тренуванням. Мінімальний коригуючий ефект цих навантажень – при вживанні солей цинку, хрому та свинцю (Шосткинський район).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аврунин А.С., Корнилов И.В., Иоффе И.Д. Адаптационные механизмы костной ткани и регуляторно – метаболический профиль организма // Морфология. – 2001. – Т. 120, №6. – С. 7 – 12.
2. Алексеев В.В. Безъязычный В.И. Методика определения работоспособности мелких животных // Материалы к макро – микроскопической анатомии. – Харьков.: Б. И. – 1969. – Е. 6. – С. 325 – 328.
3. Алексина Л.А. Морфофункциональные особенности роста и созревания трубчатых костей у юных теннисистов // Спорт и здоровье. Первый международный научный конгресс: Материалы конгресса. – С.- Петербург, 2003. – Т.2.- С. 298 – 299.
4. Алелеров Д.А., Клеменов В.И., Зайцев Е.П. О взаимосвязи остеохондроза атеросклероза у лиц пожилого возраста // IV Закавказская конференция гериатров, геронтологов. – Ереван. – 1980. – С. 120 – 121.
5. Андыбура Н.Ю. Особенности морфологии коры надпочечников при воздействии ацетата свинца и фармакологическом корригировании // Таврический медико – биологический вестник. – 2004. – Т. 7, №4. С. 25 – 30.
6. Аникина Л.В., Никитина Л.П. Селен. Экология, патология, коррекция. –Чита.: 2002. – 130 с.
7. Арабська Л.П., Антипкін Ю.Г, Поворознюк В.В. Особливості взаємозв'язків паратгормону, кальцитоніну та їх вплив на структурно – функціональний стан кісткової тканини за умов інкорпорації радіонуклідів у дітей, народжених після аварії на ЧАЕС // Ендокринологія. – 2000. – Т. 5, №1. - С. 70 – 80.
8. Алтер М.Ф. Наука о гибкости. - К.: Олимпийская литература, 2001. - 421с.
9. Бабенко Г.А. Визначення мікроелементів і металоферментів у клінічних лабораторіях. – К.: Здоров'я, 1968. – 138 с.
10. Баранські В.С. Влияние реальной и моделированной невесомости на деятельность и регенерацию мышечной ткани на субклеточном уровне // 5 –

ежегодный симпозиум комиссии по гравитационной физиологии Международного союза физиологических наук. – М., 1993. – С. 22-25.

11. Бенгус Л.М. Морфология губчатой и компактной костной ткани при нарушении метаболизма кальция и направленной остеотропной терапии // Таврический медико – биологический вестник. -2004.-Т.7, №4.- С. 137 -139.
12. Березовський Д.П., Петричко С.О. Особливості будови епіфізарного хряща щурів при інтоксикації організму етиловим спиртом та морфіном // I Національний конгрес анатомів, гістологів, ембріологів і топографоанатомів України. – Івано – Франківськ, 1994. – С. 140.
13. Боймиструк І.І., Федонюк Я.І. Морфометричні зміни епіфізарних хрящів довгих кісток під впливом статичних фізичних навантажень залежно від вихідного вегетативного гомеостазу // Актуальні питання морфології. Наукові праці III національного конгресу анатомів, гістологів і топографоанатомів України, Тернопіль: Укрмедкнига. – 2002. – С. 31 – 32.
14. Борисевич Б.В., Борисевич В.Б. Радиационное повреждения скелета в связи с аварией на ЧАЭС // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1994. – №4.–С. 104.
15. Борисенкова Р.В., Гвоздева Л.Л., Луценко Л.А. Канцерогенная опасность никеля и его соединений // Медицина труда и пром. экол. – 2001.–№1.- С. 27–31.
16. Бруско А.Т., Омельчук В.П., Гойко О.Г. Механизм трофического влияния физических нагрузок на структурно – функциональную организацию костей // Проблемы остеологии. – 1998. – Т. 1, №1. – С. 12 – 18.
17. Бузуева И.И., Филюшина Е.Е., Шмерлинг М.Д. Изменение ультраструктуры мышечных волокон диафрагмы при физических нагрузках (морфометрический анализ) // Архив анатомов, гистологов, эмбриологов: Сб. ст. – М.: Медицина, – 1990,ТХСУ, №6. – С. 45 – 53.
18. Булич Е.Г. Мурахов Ш. В. Валеологія. Навч. Посібник.–К.: ІЗМН, 1997.–234 с.
19. Быков В.Л. Цитология и общая гистология (функциональная морфология клеток и тканей человека). – СПб.: СОТИС, 1999. – 520 с.

- 20.Вербовой А.Ф. Профессиональные остеопатии // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2002. – №4. – С. 37 – 41.
- 21.Витаминно – минеральная коррекция костного метаболизма у детей / Л.А. Щеплягина., Т.Ю. Моисеева., А.О. Богатырева и др. // Российский педиатрический журнал. – 2001. – №4. – С. 43 – 46.
- 22.Вінніков В.А. Динаміка цитогенетичних ефектів у осіб, які зазнали впливу іонізуючої радіації в малих дозах в ході ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС: Автореф. дис. . . канд. біол. наук. – Київ., 2000. – 18с.
- 23.Влияние комбинированного (внутреннего и внешнего) облучения в малых дозах на состояние опорно – двигательного аппарата у экспериментальных животных / М.Ю. Алесина, Н.П. Архипов, Н.В. Родионова, Т.Т. Володина, В.П. Замостьян // Международный журнал радиационной медицины. – 2001. -№1-2.-С. 150 -151.
- 24.Возрастные аспекты адаптационных перестроек опорно – двигательного аппарата в различных условиях функционирования / Синельников Я. Р., Сак Н. Н., Безъязычный В. И. и др. // Мат. XI съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. – Полтава, 1992. – С. 219-221.
- 25.Волошин В.М. Аналіз кореляційних співвідношень між показниками остеометрії довгих трубчастих кісток щурів при пасивному палінні тютюну // Український медичний альманах. -2000.- №1. –С.12.
- 26.Вплив адаптації та фізичних навантажень на структурні зміни в довгих трубчастих кістках при гіпокінезії/ О.М. Довгань., А.С. Головацький., Б.М. Мицкан., Я.І. Федонюк // Науковий вісник Ужгородського університету. – 2001.– Вип. 13. – С. 36 – 39.
- 27.Геник І.Д., Тріль Н.В. Рання діагностика остеопорозу в осіб зрілого віку Прикарпатського регіону в сучасних умовах // Український морфологічний альманах. – 2006. – Т. 4, №2. – С. 124.
- 28.Гінч О.В., Кук Ю.В. Радіаційна обстановка на Сумщині // Стан природного середовища та проблеми його охорони на Сумщині – Суми: Джерело, 1997. С.44 –52.

- 29.Говда Р.В. Вміст основних остеотропних елементів в довгих кістках адаптованих до позаклітинного зневоднення тварин симпатотоніків при важкому ступені // Український морфологічний альманах. Всеукраїнський науково – методичний журнал. – 2006. – Т. 4, №2. – С. 125-127.
- 30.Гонгадзе Л.Р., Гиоргадзе А. Г., Накашидзе Д. К. Об интерфазной структуре кости и хряща в процессе старения. В кн.: Геронтология и гериартрия. – Киев, изд. Ин – та геронтологии, 1993. – С. 34 – 37.
- 31.Гончарук Є.Г., Бардов В.Г., Картиш А.П. Експериментальне вивчення механізму комбінованої дії на організм іонізуючого випромінення, пестицидів, нітратів, солей свинцю та кадмію// Лікарська справа. – 1995. – №5 – 6. - С.7 – 12.
- 32.Гортинська О. Ріст, будова та формоутворення кісток скелету в умовах впливу на організм загальної гіпоксії та несприятливих факторів зовнішнього середовища // Матеріали VIII міжнародного медичного конгресу студентів та молодих вчених. – Тернопіль. – 2004. – С. 162.
- 33.Григорьев А.И. Воложин А.И., Ступаков Г.П. Минеральный обмен у человека в условиях измененной гравитации. – М.: Наука, 1994. – 214 с.
- 34.Гродзинський Д.М. Чорнобильська катастрофа // Радіобіологія. – К.: Либидь, 2000. – С. 88 – 92.
- 35.Давибіда Н.О. Вікові зміни ростових показників у інтактних щурів молодого віку // Вісник морфології. – 2006. – Т. 2, №12. – С. 140 – 141.
- 36.Дедух Н.В. Структурно – функциональная организация тканей опорно – двигательной системы // Ортопедия, тавматология и протезирование – 1994. – №4. – С. 89.
- 37.Денисов – Никольский Ю.И. Физическая нагрузка и кость проблемы гомеостаза и адаптационные механизмы // Морфология, 1996. – Т.109, №. 1.- С. 48.
- 38.Денисов–Никольский Ю.И., Докторов А.А., Пак Гван Чор. Морфофункциональная характеристика эндоста в связи с проблемой ремоделирования кости // Архив патологии. – 1998. – Т. 60, №5. – С. 19 – 23.
- 39.Деякі аспекти остеогенезу трубчастих кісток скелету в експерименті під впливом ацетату свинцю та при хронічному надходженні радіонуклідів / В.С. Пикалюк,

- Н.В. Родионова, Т.Я. Довгалюк // Матеріали II Нац. Конгресу АГЕт України. – Луганск. – 1998. – С. 199 – 200.
40. Довгалюк Т.Я. Вплив свинцю на біосинтез глікозаміногліканів в остеогенних клітинах // Український медичний альманах. – 1998. – №2. – С. 76 – 79
41. Довгань Е.Н. Влияние физических нагрузок, гипокинезии и реадaptации на рост и формoобразование длинных трубчатых костей // Вісник наукових досліджень. – 1995. – №2. – С. 30 – 32.
42. Довгань О.М. Морфофункціональні перетворення скелету при динамічних навантаженнях в деякі періоди онтогенезу // XIV з'їзд українського фізіологічного товариства / Тез. – Київ, 1994. – С. 336 – 337.
43. Довгань О.М., Федонюк Я.І. Закономірності перебудови структур довгих кісток в умовах помірних динамічних навантажень // Український морфологічний альманах. – 2006. – Т. 4, №2. – С. 50 – 52.
44. Довгань О.М., Федонюк Я.І. Структурні та хімічні особливості довгих трубчастих кісток у тварин в умовах місячної гіпокінезії після їх адаптації до інтенсивних динамічних навантажень при нормотонічному типі вегетативної нервової системи. // II Всеукраїнська науково – практична конференція. "Актуальні проблеми фізичного виховання у ВУЗі". – II частина. – Донецьк.- 1998.–С. 107–110.
45. Докторов А.А., Денисов - Никольский Ю.И. Морфофункциональные корреляции структуры костных клеток и подлежащего матрикса в развивающейся кости // Морфология. – 1999. – Т. 115, №1. – С. 68 – 73.
46. Докторов А.А., Пак Гван Чор. Роль эндоста и периоста в структурной адаптации кости к механическим нагрузкам // В кн.: Биомедицинские технологии. Труды НИЦ БМТ, 1998. – Вып. 9. – С. 4 – 9.
47. Дозовая и временная зависимость комбинированных эффектов внешнего облучения и инкорпорированных радионуклидов на соединительнотканый матрикс кости и костей животных / Володина Т.Т., Алексина М.Ю., Печенова Т.Н. и др. // Материалы 2 – й Междунар. конф. "Отдаленные медицинские последствия Чернобыльской катастрофы". – Киев. – 1998. – С. 204.

- 48.Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2000 році. – Суми: Видавництво" Джерело", 2001. – 178 с.
- 49.Ермоленко Т.А., Игнатъев А.М., Бацуля Л.А. Биохимические маркеры в диагностике структурно – функциональных изменений костной ткани у женщин репродуктивного возраста // Український морфологічний альманах. – 2007. – Т.5, №2. – С. 29-31.
- 50.Житников А.Я. Метаболизм хондроцитов эпифизарных хрящей и рост скелета у потомства крыс, подвергшихся хронической интоксикации свинцом (самки и самцы) //Український морфологічний альманах.–2006.–Том 4, №2.–С. 55–59.
- 51.Житников А.Я. Структурно – метаболические взаимодействия клеток и матрикса в зонах замещения растущих костей при избытке у животных гидрокортизона // Таврический медико – биологический вестник. – 2004. – Т. 7, №4. С. 163 – 167.
- 52.Житников А.Я. Морфологическая гетерохронность ростковых хрящей при развитии коротких и длинных костей свободных конечностей некоторых позвоночных//Український морфологічний альманах.–2007.–Т.5, №2. – С. 32-37.
- 53.Журавлева А.И., Граевская Н.Д. Спортивная медицина и лечебная физкультура: Руководство для врачей. – Медицина.:, 1993. – 380 с.
- 54.Засуха В. Екологічна криза: загальна характеристика, причини виникнення, наслідки та шляхи подолання // Науковий світ. - 2000 - №7. С. 24-28.
- 55.Загорушко Г.Е. Лисаченко О.Д. Структура биоритмов эндокринной функции предсердных кардиомиоцитов при физических нагрузках // Буковинський медичний вісник. – 2002. – Т. 6, №3 – 4. – С. 24 – 26.
- 56.Западнюк В.И., Западнюк И.П., Захария Е.А. Лабораторные животные. – К.: Вища школа, 1983. – 383с.
- 57.Захарченко І. Морфофункціональний стан кістково – суглобового апарату спортсменів високої кваліфікації // Молода спортивна наука України: Зб. наук.праць. – Львів, 2006. – С. 276 – 281.
- 58.Изменения состояния костной ткани у женщин в условиях 120 – суточной антиортостатической гипокинезии / Органов В. С., Бакулин А. В., Новиков В. Е.,

Мурашко Л. М., Шнайдер В. С., Шейклфорд Л., Лебланк А. // Авиакосм. и экол. мед. – 1997. – Т. 31, Вып. 5. – С. 21 – 25.

59. Иммунофармакология микроэлементов / А. В. Кудрин, А. В. Скальный, А. А. Жаворонков, М. Г. Скальная, О. А. Громова. – М.: изд – во КМК, 2000. – 537 с.
60. Каваре В.І., Погорелов М.В., Кіптенко Л.І. Морфометрія епіфізарного хряща довгих кісток тварин в умовах екологічного забруднення // Таврический медико – биологический вестник. – 2004. – №4. – С. 171 – 172.
61. Коваленко А.Н. Биоэнергетические основы развития остеопенического синдрома при действии ионизирующей радиации // Журн. АМН України. – 2004. – Т.10, №2. – С. 313 – 325.
62. Киричок О.М., Федонюк Я.І., Потіха Т.Я. Закономірності росту та формоутворення кісток скелета адаптованого до дегідратації організму дорепродуктивного віку в умовах зневоднення // Український медичний альманах. – №1. – 2000. – С. 26.
63. Кладченко Л.А., Иванов Г.В., Селина Ю.Ю. Возрастные изменения компонентов органического матрикса и компактной костной ткани // Таврический медико – биологический вестник. – 2004. – Т. 7, №4. С. 237 – 241.
64. Кліх Л.В. Кислотно – лужний стан крові та накопичення стронцію у тканинах щурів // Український біохімічний журнал. Науково теоретичний журнал – 2007.- Т.79, №4. – С. 62 – 66.
65. Кнетс И.В. Пфафрод Г.О., Саулгозис Ю.Ж. Деформирование и разрушение твердых биологических тканей. – Рига: Зинатне, 1980. – 319 с.
66. Ковешников В.Г. Кащенко С.А. Апоптоз в костных и хрящевых клетках // Проблемы екологічної та медичної генетики клінічної імунології: Зб. наук. прац. 2000. – №6 (31). – С. 17 – 31.
67. Ковешников В.Г. Кащенко С.А., Болгова Е.С. Ультрабудова органів імунної та ендокринної систем в умовах імуностимуляції // Biomedical and Biosocial Antropology. – 2004. – №2. – С. 165 – 168.
68. Ковешников В.Г. Зональное строение эпифизарного хряща // Антропогенетика, антропология, спорт. – Винница, 1980. – Т. 2. – С. 251 – 252.

- 69.Ковешников В.Г. Костные ткани. – Луганск. 2002. – 134 с.
- 70.Ковешников В.Г. Особенности морфогенеза костной системы при воздействии эндогенных и внешнесекреторных факторов // Материалы II Всероссийской конференции "Влияние антропогенных факторов на структурные преобразования органов, тканей, клеток человека и животных". – Саратов. – 1993. – С. 25.
- 71.Ковешников В.Г., Абакаров М. Х., Лузин В. И. Скелетные ткани: хрящевая ткань, костная ткань. – Луганск: изд – во Луганского госмедуниверситета, 2000. – 154 с.
- 72.Ковешников В.Г., Лузин В.И. Биомеханические методы исследования в функциональной морфологии трубчатых костей // Український морфологічний альманах. – 2003. – Т. 1, №2. – С 46 – 50.
- 73.Ковешников В.Г., Лузин В.И. Влияние электромагнитного излучения крайне высокой частоты на макро – и микроэлементный состав костей неполовозрелых животных // Арх. клин. эксп. мед. . – 1998. – Т. 7, №2. – С. 19 – 23.
- 74.Ковешников В.Г., Пикалюк В.С. Проллиферативные процессы в скелете белых крыс при экспериментальном введении дипала и антиоксидантной терапии токоферолом // Морфология, 1993 – №3 – 4. – С 34 -36.
- 75.Козман Ф. Что не сказал вам доктор... Остеопороз / Пер.з.англ. Анваера А. – М.:АСТ, Астрель, 2006. – 335 с.
- 76.Коган Б.И. Влияние интенсивных физических нагрузок на признаки старения скелета // Современная морфология физкультуре и спорту / Мат. научн. работ. – Л., 1987. – С. 91 – 92.
- 77.Комплексна профілактика і реабілітація дітей з патологічними змінами в кістковій системі, народжених після аварії на ЧАЕС та особливості їх диспансеризації. / Лук'янова О.М., Антипкін Ю.Г., Арабська Л.П., Апуховська Л.І., Задорожна Т.Д., Поворознюк В.В., Антоненко Л.В., Нікіфорова Т.М., Єщенко О.І., Толкач С.І., Іванов К.І., Віленський А.Б. – Методичні рекомендації. – Київ, 2000. – 23 с.
- 78.Корнилов Н.И., Аврунин А.С. Адаптационные процессы в органах скелета. – СПб: МОРСАР АВ, 2001. – 269 с.

- 79.Купша Е.И., Каширина Н.К. Морфо – функциональное состояние печени при свинцовой интоксикации и корригировании процесса токоферолом и эрбисолом // Таврический медико – биологический вестник. – 2004. – Т. 7, №4. С. 64 – 68.
- 80.Кутя С.А. Хімічний склад кісток за умов захисту від перевантаження в експерименті // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – 2006.-Т.5, №2.–С. 40.
- 81.Лапач С.М., Чубенко А.В., Бабич П.М. Статистичні методи в медико – біологічних дослідженнях із застосуванням Excel. – К.: Маріон, 2000. – 320 с.
- 82.Лисицкая Т.С., Кувшинников С.И. Социологический анализ доминирующих мотиваций в фитнес – клубах. // Теория и практика физической культуры. Научно – теоретический журнал. – 2004. – №2. – С. 37 – 40.
- 83.Літовка І.Г., Березовська О.П. Киснева депривація як ініціатор остеогенезу при гіпокінезії // Фізіологічний журнал. – 2003. – Т. 49,№2. – С. 59.
- 84.Ляшенко А.А., Уваров В.Ю. К вопросу о систематизации цитокинов // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121, №6. – С. 589 – 603.
- 85.Маврич В.В. Біомеханічні властивості різних зон тіл поперекових хребтів людини на горизонтальних розчинах // Укр. Мед. Альманах. – 2004 – Т. 7, №2. – С. 108 – 110.
- 86.Маврич В.В. Некоторые особенности роста и химического состава различных костей скелета белых крыс под воздействием рентгеновского и лазерного излучения // Морфология. – 1999. – №4. – С. 57 – 60.
- 87.Мартиросов Э.Г., Руднев С.Г. Состав тела человека: Основные понятия, модели и методы // Теория и практика физической культуры. – 2007. - №1.- С. 63 – 69.
- 88.Матвейчук И.В., Денисов–Никольский Ю.И., Слесаренко Н.А. Особенности построения костей как элементов биомеханической системы // Морфология. – 1998. – №3. – С. 78.
- 89.Мачерет Е.Л., Замотян В.П., Лысенко В.П. Старение и двигательные возможности. – К.: Издательство госуниверситета, 1989. – 171 с.
- 90.Мегалінська Г.П. Навчати правилам постчорнобильської гігієни на уроках здорового способу життя у школі // Основи здоров'я та фізична культура. Всеукраїнський науково – методичний журнал. – 2006.- №3. – С. 20 – 22.

- 91.Медведев Н.Н. Линейные мыши. – Л.: Медицина. Ленинградское отделение. – 1964. – 188 с.
- 92.Мешаткина Т.В., Яскевич Я.С., Годовальникова Г.В. Национальные и локальные комитеты по биоэтике: Опыт Центральной и Восточной Европы // Материалы международных научных конференций по биоэтике. Минск., 2006. – 180 с.
- 93.Насалодин В.В., Гладких И.П., Мещеряков С.И. Обеспечение организма спортсменов микроэлементами при большой физической нагрузке // Гигиена – санитария . – 2001. – №1. С. 55 – 57.
- 94.Наскалов В.М. Физическое воспитание студентов в условиях экологически неблагоприятной окружающей среды // Теория и практика физической культуры. Научно – теоретический журнал. – 2004. – №7. – С. 59 – 63.
- 95.Науково – практичні рекомендації з утримання лабораторних тварин та робота з ними / Ю.М. Кожем'якін, О.С. Хромов, М.А. Філоненко, Г.А. Сайдетдінова– К.: Авіцена, 2002.- 156 с.
- 96.Некачалов В.В. Патология костей и суставов. Руководство–СПб. 2000,–288 с.
- 97.Некоркина О. А. Статические и динамические физические нагрузки: применение в реабилитации больных с острой коронарной патологией // Вопросы курортологии физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2004. – №1. – С. 51 –53.
- 98.Неспецифічні патогенетичні механізми поєднаної дії на організм іонізуючого випромінювання та хімічних забруднювачів довкілля / М.М. Коршун., Н.А. Колесова, Н.М. Юрженко, Т.С. Брюзгіна, В.І. Литвиненко, Н.М. Сухарева // Вісник Вінницького медичного університету.- 2006.-Т.10, №2.- С. 342 -344.
- 99.Никитюк Б. А. Адаптационно – компенсаторные преобразования костно – суставного аппарата к нарастающим физическим нагрузкам // Актуальные вопросы морфологии. – Полтава, 1985. – С. 144
100. Никитюк Б.А. Очерки теории интегративной антропологии Майкоп. 1995.–199с.
101. Никитюк Б.А., Коган Б.И. Адаптация скелета спортсмена. – Киев: Здоров'я, 1989. – 187 с.

102. Новацкий А.И., Климук В.А. Структурные основы адаптации костной ткани к физическим нагрузкам в возрастном аспекте // IX Міжнародний науковий конгрес "Олімпійський спорт і спорт для всіх". – К.: 2005. – С.704.
103. О механизме водно – солевого гомеостаза при адекватных для обмена воды воздействиях на организм / Б.Е. Емпенко, А.И. Воробей, Л.И. Жалило и др. // Актуальные проблемы современной физиологии. – Киев, 1986. – С. 175–177.
104. Оганов В.С. Исследования по гравитационной физиологии скелета и проблема остеопороза//Российский физиологический журнал.–2003.–Т.89, №3.–С.347-355.
105. Оганов В.С. Костная система, невесомость и остеопороз.М.:Слово,2003.–260с.
106. Оганов В.С. Состояние костной ткани. В кн.: Орбитальная станция "Мир". Космич. биология и медицина. Т. 1. Медицинское обеспечение полетов. ГНЦ РФ – ИМБП РАН. М. – 2001. – Т.1. С. 583 – 598.
107. Осипенкова – Вичтомова Т. К. Радиационные повреждения в костной и хрящевой тканях // Медицинские новости. Научно – практический информационно аналитический журнал для врачей и руководителей здравоохранения. Белоруссия. – 2003. – №2. – С. 25-30.
108. О корреляционной зависимости морфометрических показателей костей скелета человека / Ю.А. Высоцкий, Ю.Ф.Черникова, А.И. Стерлин, и др.// I Міжнародний конгрес з інтегративної антропології: Сб. ст. – Тернопіль, 1995. – С. 105 – 106.
109. Особенности роста и строения трубчатых костей животных, адаптированных к статическим и динамическим физическим нагрузкам / В.Г. Ковешников, Я.И. Федонюк, Ю.Г. Ласый и др. // Материалы II Всесоюзного симпозиума.- М. 1989.- С. 56–59.
110. Особливості будови кісток скелету в реадаптаційний період після дегідратації організму /Я.І Федонюк, В.З. Сікора, Л.Н. Баран, В.Д. Волошин, С.І. Кравців, Б.Я. Ремінецький, Л.Я. Федонюк // Ортопедия, травматология и протезирование – 1994. – №4. – С. 105.
111. Особливості мінерального складу кістки та метаболічних процесів організму тварин в умовах імплантації титанових імплантантів з градієнтним

- біокерамічним покриттям / А.М. Потапчук, В.П. Пюрик, Р.А.Лесів, Й.П. Шаркань, Т.А. Потапчук, О.М. Грабова // Науковий вісник Ужгородського університету. – 2002. – Вип. 18. – С. 126 – 129.
112. Особливості структурно – функціонального стану кісткової тканини у спортсменок, що займаються ігровими видами спорту / В. Поворознюк, Л. Шахліна, Т. Орлик, Н. Ребицька // Спортивна медицина. Науково – теоретичний журнал. – 2003. - №1.- С. 37 – 40.
113. Особливості формування кісткової тканини у дітей із захворюванням гепатобіліарної системи. /В.Ф Лобода, М.І Кінаш , Н.І., Балацька, А.З, Миколаєнко, Т.П Боймиструк // Український морфологічний альманах.–2007.– Т.5, №2. – С. 55-57.
114. Особливості метаболізму та структурно – функціонального стану кісткової тканини при гіпокінезії / Г.В. Гайко, Л.І. Апуховська, А.Т. Бруско, О.В. Калашніков, А.І. Безусяк, Романова С.О. // Вісник ортопедії та протезування. – 2005. - №3.- С. 5 – 10.
115. Охотников И.А. Возрастная анатомия опорно – двигательного аппарата. – Курск.: КГУМУ, 2002. – 51 с.
116. Павлов С.Е. Адаптация. – М.: Паруса, 2000. – 282 с.
117. Перевощиков Ю.А. Состояния организма человека при экстремальных физических нагрузках. – Одесса.: Юридична література, 2004. – 196 с.
118. Пикалюк В.С. Кількісний стереометричний аналіз мікроструктури кістки в растровій електронній мікроскопії//Проблеми остеології–2003–Т.6, №4.–С.27–33.
119. Пикалюк В.С. Фракційний склад органічного матрикса, мінерального компонента і механіко – пластичні властивості кістки / Проблемы, достижения и перспективы развития медико – биологических наук и практического здравоохранения // Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского. – 2007. – Т.143, №4. – С. 68 -75.
120. Плакида А.Л. Адаптация организма к напряженной динамической нагрузке большой интенсивности // Региональная межвузовская конференция. – Одесса. – 1993. – С. 64.

121. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и практические приложения. – К., Олимпийская литература, 2004. – С. 674 – 687.
122. Плотников В.П., Поляев Б.А., Чоговадзе А.В. К вопросу о классификации физических упражнений // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 2001.- № 3. – С. 19 – 22.
123. Поворознюк В.В., Баннікова Р.О., Слюсаренко О.М. Фізичні вправи з навантаженням в комплексному лікуванні остеопорозу // Український морфологічний альманах. – 2006. – Т. 4, №2. – С. 145 – 146.
124. Поворознюк В.В., Дедух Н. В., Зупанец И. А. Остеопороз – Х.: Золотые страницы, 2002. – 648 с.
125. Поворознюк В.В., Григорьева И.В. Менопаузы и костно – мышечная система. – К.: Библиотека украинской ассоциации остеопороза, украинской ассоциации менопаузы, андропаузы и заболеваний костно – мышечной системы. – 2004. – С. 40 – 89.
126. Погорелов М.В., Ткач Г.Ф., Шепелев А.Є. Зміни хімічного складу стегнової кістки щурів при дії екологічних факторів Сумщини та їх корекція // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. - 2004. - №4. – С. 24-25.
127. Погорелова О.С. Особливості морфофункціонального прояву мікроелементозів / Проблемы, достижения и перспективы развития медико–биологических наук и практического здравоохранения // Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского. – 2007. – Т.143, №4. – С. 77 -80.
128. Подрушняк Е.П. Остеопороз –проблема века.–Симферополь: Одиссей, 1997. – 216 с.
129. Полякова В.І., Кіптенко Л.І. Мікроскопічна характеристика регенерата великогомілкової кістки при загальній дегідратації організму // Український морфологічний альманах. – 2006. – Т. 4, №2. – С. 93 – 94.

130. Регирер С.А., Штейн А.А, Логвенков С.А. Свойства и функции костных клеток :биомеханические аспекты // Современные проблемы биомеханики: Механика роста и морфогенеза. М.: Изд-во МГУ, 2000.- Вып.10.-С 174 – 224.
131. Решетень И.Н. Лесгафт П.Ф. Избранные труды. –М.: ФИС, 1987. – 359 с.
132. Риггз Б.Л., Мелтон III Л. Дж. Остеопороз. Пер. с англ. М. – СПб.:ЗАО"Изд – во БИНОМ", " Невский диалект", 2000 – 560 с.
133. Родан Г.А., Родан С.Б. Костные клетки / Остеопороз. – М.: СПб., Бином, Невский Диалект, 2000. – С. 15 – 84.
134. Родионова Н.В. Остеобласты при различных функциональных состояниях // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1988. – №12. – С. 54 – 59.
135. Родіонова Н.В., Музиченко О.С., Домашевська Є.І. Остеопороз та інкорпоровані радіонукліди // Український медичний альманах.–2000. – №1. – С. 49 –52.
136. Романюк К.А. Гістоморфометрична характеристика кісткової та хрящової тканини зрілих тварин в умовах впливу техногенних мікроелементозів // Український морфологічний альманах. – 2007. – Т.5, №2. – С. 70-71.
137. Руководство по остеопорозу / Под. ред. Л.И. Беневоленской. – М.: БИНОМ – Лаборатория Знаний, 2003. – 524 с.
138. Сагалянов С.И. Влияние динамических нагрузок на ремоделирование эпифизарных пластинок роста бедренной кости // IV итоговая научная конференция профессорско-преподавательского состава. – Краснодар.: Б.И.- 1975.- С.24-26.
139. Сак А.Е. Адаптационные и реадaptационные перестройки поясничного отдела позвоночника в условиях длительных динамических нагрузок // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2006. – Т. 5, №4. – С. 26 – 29.
140. Сикора В.З., Кононенко О.С., Погорелов М.В. Изменение остеогенеза при избыточном поступлении в организм солей тяжелых металлов // Український медичний альманах. – 1998. – №3. – С. 99 – 113.
141. Сікора В.З., Каваре В.І, Кіптенко Л.І. Морфометрична характеристика ростової пластинки плечової кістки при експериментальному переломі її діафізі

- /Проблемы, достижения и перспективы развития медико–биологических наук и практического здравоохранения//Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского.–2002.–Т.138, №3.–С. 86-87.
142. Сікора В.З., Шепелєв А.Є. Структурна перебудова плечової кістки в умовах екологічних чинників Сумщини при динамічних фізичних навантаженнях // "Світ медицини та біології". Полтава. – 2006.-№4. –С.28–30.
143. Сікора В.З., Шепелєв А.Є. Влияние физических нагрузок на минеральный состав длинных костей в условиях экологических факторов Сумского региона // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб.наук.праць.- Харків: Вид-во Харківська державна академія дизайну і мистецтв.-2007.-№7. - С.128-30.
144. Сікора В.З., Шепелєв А.Є. Гістоморфометрична характеристика діафізу довгих трубчастих кісток в умовах іонізуючої радіації та солей важких металів на тлі динамічних фізичних навантажень // Таврический медико-биологический вестник. Научно-практический журнал. Вид-во Крымский Государственный медицинский университет. - 2007. - №1 С. 214-218.
145. Сіротченко Т.А. Особливості антропометричних показників у дітей групи соціального ризику в залежності від мінеральної щільності кісткової тканини // Український морфологічний альманах. – 2007. – Т.5, №2. – С. 79-82.
146. Синельников Я.Р., Самойлов Н.Г., Ховалкина Л.Н. Морфология нервно – мышечного аппарата при физической нагрузке и лазеропунктуре // Современная морфология – физкультуре и спорту: Сб. ст. – Л., 1987. – С. 57.
147. Скальный А.В., Кудрин А.В. Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет. – М.: Мир Макет, 2000. – 427 с.
148. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Оникс 21 век: Мир, 2004. -216 с.
149. Скиба Н.М., Багінська О.В., Литовченко Г.О. Вплив фізичної культури на здоров'я молоді, що проживає в умовах екологічного забруднення Чернігівської області // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені

- Т.Г. Шевченка. Педагогічні науки. Фізичне виховання.: Зб. наук. праць. – Чернігів, 2007.- Вип.44. – С. 404 – 408.
150. Слоним А.Д. Частная экологическая физиология млекопитающих. – М. – Л.: АМН СССР, 1962,– 244 с.
151. Сокурєнко Л.М. Морфологічні зміни спинного мозку щурів за умов мікромеркуріалізму з використанням метаболічної та дезінтоксикаційної терапії // Труды Крымского государственного медицинского университета им. С. И. Георгиевского. – 2006.-Т.142, – С. 74 – 79.
152. Солодков А.С. Некоторые итоги исследований физиологической адаптации в спорте // Теория и практика физической культуры. Научно – теоретический журнал. – 2006. – №10. – С. 42 – 44.
153. Солодков А.С. Адаптация в спорте: Состояние, проблемы, перспективы // Физиология человека. Научно–теоретический журнал.- 2000.-Т.26, №6.–С. 87–93.
154. Стоматологические аспекты последствий Чернобыльской аварии. / В.Ф. Куцевляк, Е.М. Мамотюк, С.Н. Волков, И.Е. Велигоря, В.В. Варкута, О.В. Любченко, О.П. Лукашова. – Х.: Прапор, 2005. – 272 с.
155. Структурні та функціональні зміни в кістках скелета при дії на організм свинцевої інтоксикації / Т.Я. Довгалюк, В.С. Пикалюк, Н.В. Родіонова, Р.О. Кмітова // Український медичний альманах. – 2000. – №3. – С. 61 – 64.
156. Структурно – функциональные особенности костной ткани у женщин – гимнасток ветеранов спорта / Л.Г. Шахлина., В.В. Поворознюк., А.И. Новацкий., В.А. Климук // IX Міжнародний науковий конгрес "Олімпійський спорт і спорт для всіх". – К.: 2005. – С.747.
157. Структурно – функциональное состояние костной ткани у гимнасток высокой квалификации / В. Поворознюк, Л. Шахлина, А. Новацкий, В. Климук. – К.: Наука в олимпийском спорте. Спецвыпуск "Женщина и спорт", Олимпийская литература, 2000. – С. 108 – 112.
158. Структура хряща метаэпифизарных пластинок роста в условиях полной изоляции от клеточно – гуморальных воздействий при пересадке в мягкие ткани

(экспериментальное исследование) / И.Е. Никитюк., И.В. Попов., В.А. Полянский., В.И. Дудкин // Морфология. – 2007. – Т. 131, №3. – С.45 – 49.

159. Структурно – функціональній стан кісткової тканини та біологічний вік жінок постменопаузального періоду залежно від рівня фізичної активності / В.В. Поворознюк, О.Б. Шеремет, Р.О. Баннікова, О.М. Слюсаренко // Вестник физиотерапии и курортологии. Ежеквартальный научно – медицинский журнал. – 2004. – Т.10, №2. С. – 71 – 72.
160. Ткач Г.Ф. Морфоструктурні зміни довгих трубчастих кісток в умовах іонізуючого випромінювання// Матеріали V міжнародного медичного конгресу студентів та молодих вчених. – Тернопіль. – 2001. – С. 188.
161. Ткач Г.Ф. Посттравматичний остеогенез під впливом іонізуючого випромінювання і солей важких металів // Український медичний альманах. – 2003. – №2. – С. 143 – 145.
162. Ткаченко Г.М., Передерій Г.С. Вегетативні кореляти емоційного напруження у осіб з різним станом автономної нервової системи // Фізіологічний журнал. – 2000. – Т. 46, №6.- С. 61 – 67.
163. Уилмор Дж.Х., Костилл Д.Л. Физиология двигательной активности и спорта. М.:Олим. литература, 1997. – 547с.
164. Уровни организации минерального матрикса костной ткани и механизмы, определяющие параметры их формирования / А.С. Аврунин, Р.М.Тихилов, А.Б. Аболин, И.Г.Щербак // Морфология. – 2005. – Т.127, №2. – С. 78 – 81.
165. Устройство для моделирования динамических нагрузок в мелких лабораторных животных: А. с. 818573 СССР / Ю.Г. Ласый, Я.И. Федонюк. – №648210 / 21; Заявл. 21. 04. 81; Оpubл. 14. 05. 82, Бюл. №6. – 4с.
166. Устройство для моделирования статических нагрузок в мелких лабораторных: А. С. 1393395 СССР / Я.И. Федонюк, И.Н. Глицкий, Я.Т. Велещук. – №104571/21; Заявлено 30. 08. 82; Оpubл. 23. 11. 83, Бюл. №12. – 3с.
167. Федонюк Я.И. Закономерности биологической перестройки костей при воздействии на организм физических нагрузок // Актуальні проблеми фізичного

- виховання у ВУЗІ / Тези Всеукраїнської науков. – практ. конф. – Донецьк. 1995.- № 1. – С. 92 – 93.
168. Федонюк Я.И., Романюк А.И. Влияние физических нагрузок на рост и формообразование костей скелета при ожоговой болезни // Новости спортивной и медицинской антропологии. М., 1992. – Вып. 2(6). – С. 97 – 98.
169. Федонюк Я.И., Ільницький В.І., Ясінський Є.А. // Мат. міжнар. симпозіума "Принципи пропорції, симетрії, структурної гармонії та математичного моделювання". – Вінниця, 1997. – С. 203 – 204.
170. Федосеева Г.Б. Современная медицинская энциклопедия // Норинт. – Санкт – Петербург., 2003. – 1235 с.
171. Фрост Г.М. Эволюция взглядов на остеопороз // Остеопороз и остеопатии.- 2000.-№1.- С. -2-8.
172. Лук'янова О.М., Поворознюк В.В., Антипкін Ю.Г. Фізичний розвиток та структурно–функціональний стан кісткової тканини у дітей, які мешкають у зоні радіаційного контролю // Педіатрія, акушерство та гінекологія.– 2005. – №2.– С.10–17.
173. Франке Ю., Рунге Г. Остеопороз.- М.: Медицина, 1995. – 304 с.
174. Хованцева Е.А., Гершбург М.И. Комплексное лечение гонартрозоз у спортсменов// Теория и практика физической культуры. Научно – теоритический журнал – 1999. – №12. – С. 33.
175. Хрящ. / В.Н. Павлова, Т.Н. Копьева, Л.И. Слуцкий, Г.Г.Павлов // – М.: Медицина, 1989. – 320 с.
176. Хэм А., Кормак Д. Гистология. / Пер. с англ. Л. И. Вайсфельд, В. А. Отрощенко. – М.: Мир, 1983. – Т. 3. – 293 с.
177. Цибіз Г. Г., Данилко В. М., Рудавський С. В. Здоровий спосіб життя – необхідність часу//Матеріали міжнародної конференції, присвяченої 15–річчю створення Запорізького державного університету.–Запоріжжя, 2000.–С. 73–78.
178. Цибіз Г.Г., Римар М.П Морфофункціональне обґрунтування концепції фізичного виховання // II Всеукраїнська науково–практична

конференція."Актуальні проблеми фізичного виховання у ВУЗі".–Донецьк, 1998.- №2–С. 132 – 134.

179. Шенкман Б.С., Немировская Т.Л., Белозерова И.Н. Этапы адаптации скелетных мышц к условиям гипокинезии и физической культуры //Тезисы докладов XVIII съезда физиологического общества им. И.П. Павлова. -Казань.–2001.–С. 598.
180. Шепелєв А.Є. Вплив факторів зовнішнього середовища Сумської області на мінеральний склад довгих кісток щурів у комбінації із статичними фізичними навантаженнями // Медична хімія. Науковий журнал. Тернопіль. - 2006. - Т.8, №2. - С.124-126.
181. Шепелєв А.Є. Морфометрична характеристика епіфізарного хряща довгих кісток під впливом екологічних чинників на тлі помірних та інтенсивних навантажень // Педагогіка, психологія та медико - біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб.наук.праць.–Харків: Вид-во Харківська державна академія дизайну і мистецтв, 2006. -№2. - С.124-126.
182. Шепелєв А.Є. Особливості опорно - рухового апарату спортсменів при фізичних навантаженнях // Матеріали III Всеукраїнської наукової конференції "Сучасні проблеми фізичного виховання та спорту школярів і студентів України". Зб.наук.праць.- Суми: Вид-во Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка, 2003. - С. 242-245.
183. Шепелєв А.Є. Викоростання гістоморфометрії для оцінки структур діафізу великогомілкової кістки в умовах забруднення довкілля на тлі статичних помірних та інтенсивних фізичних навантажень // Вісник проблем біології і медицини. Полтава. – 2006. - №2. - С. 340-342.
184. Шепелєв А.Є. Перетворення кісток, адаптованих до фізичних навантажень тварин в умовах опромінення та солей важких металів // Таврический медико - биологический вестник. - 2004. - Т.7, №4, - С.216 –217.
185. Шепелєв А.Є. Зміни хімічного складу стегнової кістки щурів після тренування помірними динамічними фізичними навантаженнями в умовах опромінення та споживання солей важких металів // Вісник проблем біології і медицини. Полтава. - 2005. - №3. - С.60-62.

186. Шепелєв А.Є. Реадаптаційні перетворення в довгих кістках після статичних фізичних навантажень в умовах екологічних чинників Сумщини // Матеріали V Всеукраїнської науково - практичної конференції. Зб.наук.праць - Суми: Вид-во Сумський державний педагогічний університет ім. А.С. Макаренка. – 2005.–С. 292-293.
187. Шепелєв А.Є. Реадаптаційні перетворення в довгих кістках після тренування динамічними фізичними навантаженнями в умовах опромінення та солей важких металів // Матеріали III Всеукраїнської науково - практичної конференції викладачів, студентів та молодих вчених ” Сучасні проблеми клінічної та теоретичної медицини”. Зб.наук.праць – Суми: Вид-во СумДУ. 2004. - С.26.
188. Шепелєв А.Є. Зміни хімічного складу довгих кісток щурів після тренування помірними динамічними фізичними навантаженнями в умовах шкідливих чинників зовнішнього середовища Сумщини // Матеріали Міжнародної науково - практичної конференції викладачів, студентів та молодих вчених ”Сучасні проблеми клінічної та теоретичної медицини”. Зб.наук.праць – Суми: Вид-во СумДУ. 2005. - С. 40-41.
189. Шепелєв А.Є., Погорелов М.В. Вплив екологічних факторів Сумщини на кістки скелета тварин, адаптованих до фізичних навантажень // Молода спортивна наука України / Зб.наук.праць. Львів. – 2004.-Т.2, № 8.–С. 393-396.
190. Шепелєв А.Є. Влияние ионизации и других факторов на костную систему организма // Матеріали II Міжнародної науково - методичної конференції “Актуальні проблеми підготовки фахівців з фізичної реабілітації в XXI столітті. – Суми: Вид-во Сумської філії вищого навчального закладу. Відкритий міжнародний університет розвитку людини України, 2003. – С. 45-47.
191. Шепелєв А.Є. Морфометрія епіфізарного хряща стегнової кістки тварин в умовах екологічного забруднення на тлі помірних та інтенсивних динамічних навантажень // Світ медицини та біології. - 2006. - №1. - С. 63-66.
192. Щепеткин И.А. Остеокластическая резорбция кости // Успехи современной биологии. – 1996. – №116(4). – С. 474 – 492.

193. Щуров В.А., Елизаров С.Н., Щурова Е.Н. Взаимосвязь сократительной способности мышц и состояния сердечно – сосудистой системы // Актуальные вопросы ортопедии, травматологии и нейрофизиологии: Материалы итоговой научно – практической конференции НИУТ"ВТО". – Т.ХVII. Казань. – 2001. – С. 28–30.
194. Ющак М.В. Вплив загального зневоднення організму на структуру та функції довгих кісток у лабораторних щурів з парасимпатотонічним тонусом вегетативної нервової системи // Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского.–2006. – Т. 142.– С. 112–114.
195. Янушевський В.І., Брустінов В.М., Савьолов А.Б. Кількісний інтегральний показник стану здоров'я населення екологічно небезпечних регіонів України. //Основи здоров'я та фізична культура. Всеукраїнський науково – методичний журнал. – 2006. – №3. – С. 9 – 10.
196. Age – related changes of noncalcified collagen in human cortical bone/ X. Wang, X Li, X Shen, C.M. // Ann. Biomed. Engineering.- 2003.-Vol. 31, №1.- P. 1–7.
197. Adhkenazi A., Dixit V. Death receptors: signaling and modulation // Science. – 1998. – №281. – P. 1305 – 1308.
198. Adler C. Bones and bone tissue; Normal anatomy and histology // Bone Diseases. – Springer – Verlag Berlin Heidelberg: New York. – 2000. – P. 1 – 30.
199. A role for N – cadherin in the development of the differentiated osteoblastic phenotype / Ferrari SL, Traianedes K, Thorne M, Lafage – Proust MH, Genever P, Cecchini MG, Behar V, Bisello A, Chorev M, Rosenblatt M, Suva LJ // J Bone Miner Res – 2000. – № 15.- P. 198 – 208.
200. Assesment of bone mineral content in children /J. Francoise, L. Pasckal, J. Rousseau et al. // Eur. J., News Med. – 1989.- Vol. 15, №8. – P. 527.
201. ATPase pumps in osteoclasts and osteoblasts / M. J. Francis, R. L. Lees, E. Trujillo et al. //Int J. Biochem. Cell Biol. – 2002. – Vol. 34, №5. – P. 459 – 476.
202. Aubin J. E, Bonnelye E. D. Osteoprotegerin and its ligand: a new paradigm for regulation of osteoclasstogenesis and bone resorption // (in Medscape) Women Health J. – 2000. – Vol. 10, №2. – P. 1 – 14.

203. Bone mineral in senior tennis players / Montoye H. J., Smith E. L., Fardon D. F., Howley E. T // *Scandinavian Journal of Sports Science*. – 1980. – Vol. 2. – P. 26 – 32.
204. Borsato KS. Sasaki N. Measurement of partition of stress between mineral and collagen phases in bone using X – ray diffraction techniques // *Journal of Biomechanics*. – 1997. – Vol. 30, №9. – P. 955 – 957.
205. Braith R.M., Welsch M.A. , Mils R.M. // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 1996. – Vol. 28, – P.1471 – 1477.
206. Buckwalter J., Climcher M., Cooper R. Bone biology (Part I Structure, Blood supply, Cells, Matrix and Mineralization) // *J. Bone Jt Surg.* - 1995. - Vol. 77 - A, №8. - P. 1256 - 1275.
207. Burger E. H., Klein – Nulend J. Mechanotransduction in bone – role of lacunocanalicular network // *FASEBJ 13 Suppl* – 1999. – S.101 – 112.
208. Buhl., Jacobs C.R., Turner R.T. Parallel changes in extracellular matrix protein gene expression, bone formation and biomechanical properties in aging rat bone. *Musculoskel. Res.*, 2000. - Vol. 6, №3 – 4.- P. 157 – 169.
209. Canalis E., Delany A.M. Mechanisms of glucocorticoid action in bone // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* – 2002. – Vol. 966.- P. 73 – 81.
210. Carbon R. J. Exercise, amenorrhoea and the skeleton//*Brit.Med.Bull.* – 1992.-№3. 48c.
211. Gap junctional communication modulates gene expression in osteoblastic cells / Leganda F., Towler D. A., Ziambaras K., Cheng S. L., Koval M., Steinberg T. H., Civitelli R. // *Mol Biol Cell* – 1998. – Vol 9. – P. 2249 – 2258.
212. Carter D., W., Fyhrie D, Schurmer D. Influences of mechanism Stres on Prenatal and Postnatal Sreletal Development // *Clime Ostopaed.* – 1987.– Vol. 219. – P. 237 – 250.
213. Chaki O., Yoshikata I., Kikuchi R. The predictive value of biochemical markers of bone turnover for bone mineral density in postmenopausal Japanese women // *J. Bone Miner. Res.* – 2000. - №115. – P.1537 -1544.
214. Collefti Laura A., Edwards Jeanee, Gordon Leonie. The effects of muscule – Building exercise on bone mineral density of the radius, spine, and hip in young man// *Calcified Tissue Int.* – 1989.- Vol. 45, №1. – P. 12 – 14.

215. Copf F., Crarnetzki A., Lierse W. Substructures in der substantia spongiosa des caput femoris und des Talus // *Acta anatomica*. – 1990. – Vol. 138, №4 – P. 297 – 301.
216. Crystal structure of the extracellular domain of mouse RANK ligand at 2.2 Å resolution /S. Ito, K. Wakabayashi, O. Ubakata et al. // *J. Biol. Chem.* - 2002. - Vol. 277, №8. - P. 6631 - 6636.
217. Clarke and Cyrus Cooper Temporal Analysis of Rat Growth Plates / Helmut I. Roach, Gautam Mehta, Richard O. C. Oreffo, Nicholas M. P. // *Cessation of Growth with Age Despite Presence of Proliferation* J. of Histochemistry & Cytochemistry. – 2003 – Vol. 51, №3 – P. 373 – 383.
218. Ducy P., Schinke N., Karsenty. The osteoblast: a sophisticated fibroblast under central surveillance. // *Science*. – 2000. – Vol. 289, №5484. – P. 1501 – 1504.
219. Duerst W. Vergleichende Untersuchungen am skelett bei Säugetieren. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden // Zeitschrift. – 1926. – S. 125 – 130.
220. Douglas D.L. Composition of bone//*Med.int.(Gr. Brit.)*.-1990.-№73.-P.3036-3037.
221. Evans., Yen J., Aloia J. Osteoblast – like cells of the hypophisectomysed rat: a model of aberrant osteoblast development// *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* – 2000. – Vol. 278, №5. – P. 832 – 838.
222. Expression of mouse osteocalcin transcripts, OGL and osteoblast cultures/T. Yanai, T.Katagiri, S.Akiyama et al.//*J.Bone Miner. Metab.*–2001.–Vol.19, №6.–P.345–351.
223. Fleisch H. Bisphosphonates in bone disease. From the Laboratory to the Patient, ed 3. – New York: The Parthenon Publishing Group, 1997. – 183 p.
224. Haas S.I. Stimulation of bones growths // *amer.J.Surg.*–1958.–Vol. 95, №1. P. 125 –131.
225. Hashimoto Michio. Effects of exercise on plasma lipoprotein levels and endothelium – dependent vasodilatation in young and old rats// *Eur. Appl. Physiol. and Occup. Physiol.* – 1990. – Vol. 61, №5 – 6. – P. 440 – 445.
226. Heymsfield S.B., Lohman T.G., Wang Z. Human body composition assessment // *J. Exerc. Physiol. Online*.- 2001.- Vol. 4, №4. P.1 – 2

227. Heino T. J., Hentunen T. A., Vaananen H. K. Osteocytes inhibit osteoclastic bone resorption through transforming growth factor – beta: Enhancement by estrogen // *J. Cell Biochem.* – 2002. – Vol. 85, №1. – P. 185 – 197.
228. Herring G. Methods for the study of glycoproteins and proteo – glycans chondroitin sulfate // *Calcif. Tissue Res.* – 1977 – Vol. 24, №1. – P. 29 – 36.
229. Hvura Kenij, Sumitani Koj, Kawata Terushige et snd Mouse osteoblastic cells (MC T – EI0 at different stages of olifferentatin have opposite effects on osteoelasthe celle formation / *Endocrionology.* – 1991. –Vol.128, №3. – C. 1630 – 1637.
230. IL – 4 inhibits osteoclast formation throgh a direct action on osteoclast precursors via proxisome proliferator – activated receptor gamma 1/ A.C. Bendixen, N.K. Shevde, K.M. Dienger et al.//*Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*–2001.–Vol.98, №5.–P.2443–2448.
231. Jee Webster S. S., Li Xiao Jian, Schaffler Mitchel B. Adaptation of diaphysical structure with aging and increased mechanical usage in the adult rat: A histomorhometrical and biomechanical study // *Anat. Res.* - 1991. - Vol. 230, №3.-C. 232-238.
232. Justus R., Lyft S. H. A mechanochemical hypothesis for remodeling induced by mechanical stress//*Calsif. Tissue Res.* – 1970. – №5. – P. 222 – 235.
233. Kannus P. Preventing osteoporosis, falls, and fractures among elderly people. *Br. Med. J.* -1999.-Vol. 318.-P. 205 – 206.
234. Lanon L. E. Functional strain in bone tissue as an objective and controlling stimulus for adaptive bone remodelling//*Jurnal of Biomechanics.*–1987.–Vol.2. – P. 1083 –1093.
235. Laurent G., Millward P. Protein turnower during skeletal muscle hypertrophy // *Fed. Proc.* – 1990.– Vol. 59, №1. – P. 42 – 47.
236. Lundon Katie, Goode R. C. The effects of muskule strength training on the of postmenopausal women // *Can. J. Physiol. and Pharmacol.* – 1991.– Vol. 69, №5. C. 135.
237. Matrix GLA protein is a developmentalregulator of chondrocyte mineralization and, when costitutively expressed, blocks endochondral and intramembranous ossification in the limb/Yagami K., Suh J.Y., Enomoto–Iwamoto M., Koyama E., Abrams W. R., Schapiro I M., Pacifici M., Iwamoto M.//*J. Cell Biol.*–1999–Vol.147.–P.1097–1108.

238. Marcus Sandy Popoff Steven N. Bone cell biology the regulatio of development, structure, and function in the skeleton / Amer. J. Anat. – 1988. –Vol. 183, №1. C. 1 – 44.
239. Miller S., Jee W. The bone linig cell: a distinct phenotype // Calsif. Tiss. Int. – 1987.– Vol. 41, №6. – P. 1 – 5.
240. Mosekilde L. Age – related changes in bone mass structure and strength – effects of loading// Z. Rheumatol. – 2000. – Vol. 59(Suppl. 1). – P. 1 – 9.
241. Mosley J. R. Osteoporosis and bone functional adaptation: mechanobiological regulation of bone architecture in growing and adult bone, a review // J. Rehabil. Res. Dev. – 2000. – Vol. 37. – P. 189 – 199.
242. Mussolino M.E., Looker A.C., Madans J.H. Risk faktors for hip frakture in white men:the NHANES epidemiologic follow – up study// J. Bone Miner. Res., 13: 918 – National Osteoporosis Foundation (1998). Osteoporosis: Review of the evidence for prevention, diagnosis, and treatment and cost – effective analysis. Osteoporos Int. Vol.8(Suppl. 14).- S1 –88.
243. Orcel P.Physiologie et architecture du tissue osseux // Eurobiologiste. – 1999. Vol.33, №242. - P.287 – 296.
244. Orientation of bone mineral and its role in the anisotropoc mechanical properties of bone – Trasverse anisotropy / Sasaki N., Matsushima N., Ikawa T. et al. // J. Biomech. – 1989. – Vol. 22, №2. – P. 157 – 164.
245. Oyajobi B., Russel R. Bone remodeliny, Citokenes and jousease. Articular cartilage and Osteophorosis // Raven press. – Ney – York. – 1992. – P. 333 – 348.
246. Osteopenia and decreased bone formation in osteonection – deficient mice / Delany A. M., Amling M., Priemel M., Howe C., Baron R., Canalis E. // J. Clin. Invest. – 2000. – Vol. 105, №1325 – P. 915 – 923.
247. Physical activity and hip frakture: a population–basedcase–control study/farahman B.Y.,Persson P.G, Michaelsson K. et al.//Int.J. Epidemiol.–2000.–Vol.29.–P.308–314.
248. Physical activity and osteoporoptc frakture risk in older women. Study Osteoporoptc Fraktures Research Group / Gregg E. W., Cauleu J. A., Seeley D. G. et al. // Arm. Intern. Med. – 1998. – Vol. 129. – P. 81 – 88.

249. Roberts W. E., Morey E. R. Proliferation and differentiation sequence of osteoblast histogenesis under physiological conditions in rat periodontal ligament // Amer. J. Anat. – 1985. – Vol. 174, №2. – P. 105 – 118.
250. Risk factors for osteoporotic fractures in elderly men / Nguyen T. V., Eisman J. A., Kelly P. J., Sambrook P//. Amer. J. Epidemiol – 1996.- P. 258 – 261.
251. Simon M.R. The effects of dynamic loading of growth of epiphyseal cartilage in the rat // Acta anat. - 1978. - №102. - P. 176 - 183.
252. Synergistic Effect of Titanium Alloy and Collagen Type I on Cell Adhesion, Proliferation and Differentiation of Osteoblast – Like Cells / Tissues Organs. – 2001. – Vol. 168, №3. – P. 178 – 187.
253. Steven L. Teitelbaum, Bone Resorption by Osteoclasts: Review, Science: Bone Remodeling And Repair.- 2000- Vol. 289.- P. – 1504 – 1508, illustrations, Bibl 57.
254. Teitelbaum S. L. Bone resorption by osteoclasts // Science. – 2000. – Vol. 289. – P.1504 – 1508.
255. The roles of osteoprotegerin and osteoprotegerin ligand in the paracrine regulation of bone resorption / Hofbauer L. C., Rhosla S., Dunstan C. R., Lacey D., Boyle W. J. Riggs B. L // J. Bone Miner Res. – 2000. – Vol. 15. – P. 2 – 12.
256. Three - year controlled, randomized trial of effect of dose - specified loading and strengthening exercises on bone mineral density of spine and femur in nonathletic, physically active women / Sinaki M., Wahner H. W., Bergstralh E. J. et al. // Bone. - 1996. - Vol. 19. - P. 233 - 244.
257. The relationship of sustained exercise training and bone mineral density in aging male runners / B. H. Goodpaster, D. L. Costill, S. W. Trappe, G. M. Hughes //Scand. J. Med. Sci. Sports. – 1996. – Vol. 6. – P. 216 – 221.
258. Trueta J. A theory of bone formation//Acta orthod.-1962.-Vol.33, №3-4.-P.156-198.
259. Uusitamo A. L. T. Overtraining Making a Difficult Diagnosis and Implementing Targeted Treatment// The physician and sportmedicine. – 2001. – №5. – P. 35 – 50.
260. Valias A. C., Lernike R. F., Grindeland R. E. Effects of spaceflight on rat humerus geometry, biomechanics and biochemistry// FASEBJ. – 2004.- №1. – P. 47 – 54.

261. Validation of a new automated immunoassay for measurement of intact osteocalcin/
W. J. Fassbender, Steinhauer, H. Straske et al. // Clin. Lab. – 2002. – Vol. 48,
№1 – 2. – P. 31 – 38.
262. Walsh., Jefferiss C., Stewart K. Expression of the developmental markers STRO - 1
and alkaline phosphatase in cultures of human marrow stromal cells: regulation by
fibroblast growth factor (FGF) - 2 and relationship to the expression of FGF receptors
1 - 4 //Bone. - 2000. - Vol. 21, №2. - P. 185 - 195.
263. Wang X. and Puram S. The toughness of cortical bone and its relationship with age.
Ann. Biomed. Engineering.- 2004- Vol.32, №1. - P. 123 - 135.
264. Walch C., Brich M., Fraser W. Cytokine expression by cultured osteoblasts from
patients with osteoporotic fractures // Int. J. Exp.–2000.–Vol. 81, №2.–P. 159–165.
265. Williams J.A., Wagne J., Wasnich R., The effects of long distance running upon
appendicular bone mineral content//Medicine and Exercise.–1984.–Vol.16.–P.223–227.
266. Wong Marey, Carter Dennis R. A theoretical model of endochondral ossification and
bone architectural construction in long bone ontogeny // Anat. and Embriol. – 1990.
– Vol.181, №6. – P. 523 – 532.

ДОДАТКИ

Табл.1

Дані варіаційно – статистичної обробки остеометрії кісток (в мм) інтактних щурів ($X \pm S_x$)

Кістка	Довжина кістки	Найбільша ширина проксимального епіфізу	Найбільша ширина дистального епіфізу	Найбільша ширина діафізу	Передньо-задній розмір діафізу
плечова	23,81±0,21	4,51±0,12	5,79±0,06	2,01±0,03	2,15±0,03
стегнова	30,85±0,27	7,21±0,12	6,13±0,07	3,27±0,05	2,32±0,03
великогомілкова	35,46±0,32	6,52±0,08	5,19±0,09	1,89±0,02	2,51±0,03

Табл.2

Дані варіаційно – статистичної обробки морфометрії наросткового хряща (мкм) кісток інтактних щурів ($X \pm S_x$)

Кістка	Загальна ширина епіфізарного хряща	Ширина зони індіферентного хряща	Ширина зони проліферуючого хряща	Ширина зони дефінітивного хряща	Ширина зони деструкції
плечова	240,29±1,63	21,36±0,42	92,34±0,77	46,95±0,16	79,64±0,41
стегнова	237,40±10,93	20,71±0,46	90,88±0,85	46,35±0,23	79,46±0,39
великогомілкова	230,13±10,12	18,84±0,25	89,63±0,74	43,29±0,31	78,37±0,27

Табл.3

Дані варіаційно – статистичної обробки морфометрії середини діафізу (мкм) кісток інтактних щурів ($X \pm S_x$).

Кістка	Ширина остеонного шару	Ширина шару зовнішніх оточуючих пластинок	Ширина шару внутрішніх оточуючих пластинок	Діаметр остеонів	Діаметр каналу остеонів
плечова	265,82±1,99	105,73±1,02	75,04±0,35	31,12±0,22	13,17±0,07
стегнова	272,41±2,08	107,82±1,20	80,14±0,58	30,34±0,15	13,64±0,12
великогомілкова	261,65±1,72	104,91±1,13	77,13±0,81	32,09±0,31	13,72±0,18

Табл.4

Показники мінерального складу кісток і вологи інтактних щурів ($X \pm S_x$).

Кістка	Вода %	Загальна кількість мінеральних речовин %	Вміст в мінеральному компоненті							
			кальцій %	натрій %	калій %	магній %	мідь мг%	марганець мг%	цинк мг%	свинець мг %
плечова	26,91±1,20	59,75±1,51	27,55±0,79	1,79±0,12	1,08±0,16	1,05±0,11	25,98±0,95	8,19±0,21	416,22±3,21	4,76±0,07
стегнова	26,85±1,25	59,61±1,50	28,15±0,83	1,78±0,11	1,11±0,12	1,07±0,08	25,91±1,04	8,23±0,17	425,64±3,12	4,78±0,09
великогомілкова	25,71±,21	60,54±1,45	27,83±0,70	1,78±0,10	1,08±0,13	1,05±0,13	25,99±1,03	8,20±0,25	417,35±3,20	4,81±0,06

Табл. 5

Дані варіаційно – статистичної обробки остеометрії кісток (мм) контрольних тварин, які знаходилися під впливом екологічних чинників Сумщини ($X \pm S_x$)

Показник	Кістка	Група R+Ся	Група R+Ссб	Група R+Сш
Довжина кістки	плечова	20,57±0,20	20,14±0,13	19,55±0,19
	стегнова	26,55±0,24	26,17±0,25	25,39±0,19
	великогомілкова	30,08±0,27	29,43±0,27	28,47±0,18
Найбільша ширина проксимального епіфізу	плечова	3,99±0,20	3,92±0,09	3,82±0,07
	стегнова	6,36±0,08	6,32±0,05	6,13±0,11
	великогомілкова	5,62±0,04	5,56±0,07	5,47±0,12
Найбільша ширина дистального епіфізу	плечова	5,38±0,05	5,28±0,10	5,15±0,016
	стегнова	5,42±0,08	5,37±0,04	5,23±0,05
	великогомілкова	4,52±0,05	4,44±0,02	4,31±0,05
Найбільша ширина діафізу	плечова	2,20±0,03	2,21±0,04	2,29±0,05
	стегнова	3,53±0,05	3,59±0,03	3,71±0,03
	великогомілкова	2,17±0,02	2,19±0,01	5,26±0,03
Переднє-задній розмір діафізу	плечова	2,31±0,03	2,34±0,06	2,37±0,03
	стегнова	2,34±0,03	2,88±0,04	2,97±0,02
	великогомілкова	2,65±0,02	2,69±0,02	2,76±0,04

Табл. 6

Дані варіаційно – статистичної обробки морфометрії наросткового хряща (мкм) кісток контрольних тварин, які знаходилися під впливом екологічних чинників Сумщини ($X \pm S_x$).

Показник	Кістка	Група R+Ся	Група R+Ссб	Група R+Сш
Загальна ширина епіфізарного хряща	плечова	210,75±2,17	204,60±1,79	191,99±1,75
	стегнова	197,89±1,92	192,48±2,52	171,18±1,74
	великогомілкова	188,98±2,21	183,18±1,95	164,56±1,89
Ширина зони індіферентного хряща	плечова	20,54±0,24	20,62±0,18	20,32±0,35
	стегнова	20,16±0,19	19,99±0,23	20,09±0,23
	великогомілкова	18,24±0,31	18,13±0,23	18,27±0,21
Ширина зони проліферуючого хряща	плечова	77,99±0,88	75,25±0,85	67,58±0,67
	стегнова	73,54±0,57	72,44±0,61	64,11±0,72
	великогомілкова	74,00±0,74	69,39±0,68	61,88±0,61
Ширинна зони дефінітивного хряща	плечова	41,85±0,52	40,66±0,48	38,15±0,37
	стегнова	39,54±0,50	38,68±0,44	35,81±0,27
	великогомілкова	36,25±0,33	35,09±0,25	32,54±0,45
Ширина зони деструкції	плечова	87,81±1,04	89,57±0,59	91,89±0,88
	стегнова	87,76±0,59	90,51±0,82	93,43±0,86
	великогомілкова	88,58±0,89	90,02±0,88	93,58±0,79

Табл. 7

Дані варіаційно – статистичної обробки морфометрії кісток діафіза (мкм) контрольних тварин, які знаходилися під впливом екологічних чинників Сумщини ($X \pm S_x$)

Показник	Кістка	Група R+Ся	Група R+Ссб	Група R+Сш
Ширина остеонного шару	плечова	226,79±2,03	224,23±1,97	216,25±2,01
	стегнова	231,53±2,34	228,43±1,29	217,98±1,53
	великогомілкова	225,84±2,54	217,14±1,87	207,50±2,20
Ширина шару зовнішніх оточуючих пластинок	плечова	117,74±1,13	118,99±1,09	121,63±1,28
	стегнова	122,65±1,63	124,16±1,19	127,88±0,79
	великогомілкова	120,99±1,31	122,73±1,40	118,42±1,10
Ширина шару внутрішніх оточуючих пластинок	плечова	86,54±0,98	87,66±0,78	89,11±0,98
	стегнова	91,39±1,06	92,31±0,92	95,46±1,02
	великогомілкова	91,32±0,92	92,33±0,85	94,95±1,15
Діаметр остеонів	плечова	28,08±0,27	27,82±0,32	27,17±0,39
	стегнова	28,05±0,39	27,46±0,35	26,32±0,37
	великогомілкова	27,38±0,32	26,97±0,23	25,73±0,36
Діаметр каналу остеонів	плечова	14,75±0,14	14,87±0,13	15,13±0,21
	стегнова	15,68±0,10	15,87±0,14	16,29±0,09
	великогомілкова	15,78±0,15	15,86±0,17	16,33±0,16

Табл. 8

Показники варіаційно – статистичної обробки вмісту макроелементів та загальної кількості мінеральних речовин кісток контрольних щурів (X+S_x)

Групи	Кістка	Загальна кількість мінеральних речовин (% на суху вагу)	кальцію (%)	натрію (%)	калію (%)	магнію (%)
R+Ся	плечова	51,09±1,22	23,93±0,96	1,99±0,03	1,18±0,07	0,936±0,02
	стегнова	49,42±1,55	23,98±0,58	2,01±0,07	1,21±0,06	0,958±0,04
	великогомілкова	51,33±1,32	23,33±0,66	2,02±0,02	1,21±0,05	0,918±0,03
R+Ссб	плечова	49,68±1,33	23,16±0,61	2,03±0,03	1,22±0,06	0,925±0,03
	стегнова	48,44±1,49	22,97±0,51	2,03±0,12	1,23±0,01	0,946±0,01
	великогомілкова	50,14±1,77	22,92±0,33	2,05±0,06	1,23±0,03	0,912±0,06
R+Сш	плечова	46,75±1,35	22,06±0,80	2,09±0,07	1,23±0,08	0,901±0,06
	стегнова	45,59±1,18	21,64±0,68	2,10±0,03	1,25±0,03	0,925±0,01
	великогомілкова	47,19±1,15	21,06±0,83	2,13±0,05	1,24±0,04	0,888±0,01

Табл. 9

Показники варіаційно – статистичної обробки вмісту води та мікроелементів контрольних щурів ($X+S_x$)

Групи	Кістка	вода (%)	мідь (мг%)	марганець (мг%)	цинк (мг%)	свинець (мг%)
R+Ся	плечова	31,12±1,31	30,26±0,28	7,20±0,07	463,58±4,19	4,96±0,19
	стегнова	32,08±1,52	30,53±0,14	7,00±0,05	470,55±3,81	4,92±0,05
	великогомілкова	30,26±1,58	31,35±0,18	6,93±0,06	468,09±3,19	4,92±0,09
R+Ссб	плечова	31,9±1,65	30,64±0,11	9,11±0,04	372,52±3,70	5,33±0,02
	стегнова	32,70±1,12	30,97±0,34	9,02±0,09	367,32±3,46	5,43±0,03
	великогомілкова	30,82±1,42	31,50±0,19	9,26±9,18	354,89±4,55	5,49±0,06
R+Сш	плечова	33,18±1,11	24,60±0,18	7,00±0,06	466,94±3,51	5,41±0,05
	стегнова	33,72±1,98	23,94±0,16	6,87±0,04	480,29±4,12	5,50±0,07
	великогомілкова	31,94±1,90	23,57±0,27	6,81±0,06	483,14±3,51	5,54±0,04

Табл. 10

Дані варіаційно-статистичної обробки остеометрії плечових кісток (мм) експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Довжина кістки				Найбільша ширина проксимального епіфізу				Найбільша ширина дистального епіфізу			
		підгрупа				підгрупа				підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	19,20±	20,30±	21,91±	22,40±	3,56±	3,83±	4,17±	4,28±	4,41±	4,84±	5,41±	5,49±
	S _x	0,16	0,15	0,20	0,21	0,05	0,06	0,08	0,06	0,04	0,02	0,05	0,04
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	>0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X	18,34±	19,71±	21,59±	22,11±	3,39±	3,76±	4,12±	4,22±	4,30±	4,72±	5,37±	5,44±
	S _x	0,14	0,20	0,23	0,19	0,04	0,12	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Сш	X	17,42±	19,38±	21,22±	21,95±	3,23±	3,64±	4,07±	4,19±	4,14±	4,56±	5,24±	5,42±
	S _x	0,17	0,18	0,14	0,17	0,05	0,05	0,12	0,07	0,06	0,05	0,08	0,03
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Продовження табл. 10

Група	Показник	Найбільша ширина діафізу				Передньо-задній розмір діафізу			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X _{Sx}	2,41± 0,03	2,34± 0,05	2,14± 0,14	2,11± 0,03	2,65± 0,06	2,51± 0,04	2,32± 0,03	2,25± 0,03
	P	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01
R+Ссб	X _{Sx}	2,52± 0,06	2,42± 0,06	2,15± 0,03	2,11± 0,03	2,90± 0,09	2,56± 0,06	2,32± 0,03	2,27± 0,03
	P	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01
R+С _ш	X _{Sx}	2,58± 0,07	2,46± 0,07	2,19± 0,02	2,13± 0,02	2,78± 0,07	2,61± 0,08	2,34± 0,04	2,28± 0,05
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05

Табл.11

Дані варіаційно-статистичної обробки морфометрії дистального наросткового хряща (мкм) плечових кісток експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Загальна ширина епіфізарного хряща				Ширина зони індіферентного хряща				Ширина зони проліферируючого хряща			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	177,57±	188,89±	215,75±	224,07±	22,21±	22,04±	21,82±	22,09±	51,28±	71,48±	82,24±	85,95±
	S _x	1,69	1,94	2,10	1,98	0,29	0,29	0,19	0,26	0,53	0,71	0,71	0,14
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X	166,20±	184,75±	211,76±	223,97±	21,61±0,25	22,09±	21,62±	20,56±	58,31±	67,07±	80,85±	84,93±
	S _x	1,59	1,91	2,17	2,31		0,31	0,16	0,19	0,55	0,69	0,92	0,91
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,05	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+С _ш	X	152,24±	170,74±	205,80±	220,77±	20,98±	21,93±	21,13±	20,49±	55,88±	62,37±	79,86±	83,16±
	S _x	1,31	1,69	2,12	2,25	0,23	0,28	0,10	0,15	0,50	0,67	0,77	0,81
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,5	>0,5	>0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Табл. 13

Дані варіаційно – статистичної обробки мінерального складу і вологи плечових кісток експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Вода (%)				Загальна кількість мінеральних речовин (% на суху вагу)				Кальцій (мг% на попіл)			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	33,65±	31,83±	29,30±	28,57±	43,15±	46,78±	53,01±	55,77±	19,74±	21,79±	25,19±	26,35±
	S _x	1,48	1,50	1,32	1,12	1,7	1,20	1,27	0,38	0,77	0,51	0,81	0,35
	P	<0,01	<0,05	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,05	>0,5
R+Ссб	X	34,53±	32,49±	29,61±	28,66±	40,32±	45,60±	51,62±	55,29±	18,42±	21,07±	24,58±	26,17±
	S _x	1,58	1,49	1,26	1,22	1,28	1,27	1,31	0,95	0,37	0,68	0,49	0,10
	P	<0,01	<0,05	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05
R+Сш	X	35,51±	33,76±	30,29±	28,97±	36,45±	42,90±	50,35±	54,11±	17,11±	19,85±	24,37±	25,86±
	S _x	1,60	1,90	1,25	1,20	1,12	1,7	1,90	1,13	0,18	0,51	0,21	0,32
	P	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05

Продовження табл. 13

Група	Показник	мідь (мг % на попіл)				свинець (мг % на попіл)				цинк (мг % на попіл)			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	27,18±	27,58±	28,20±	27,31±	4,90±	4,92±	4,90±	4,84±	513,02 ±	497,70 ±	463,56±	455,90±
	Sx	10,14	0,23	0,21	0,22	0,06	0,08	0,05	0,06	4,11	4,1	4,33	4,63
	P	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X	27,31±	28,26±	28,55±	27,79±	5,87±	5,61±	5,12±	5,02±	341,27±	360,04±	394,39±	400,48±
	Sx	0,56	0,18	0,56	0,20	0,09	0,09	0,12	0,03	3,21	4,16	4,69	3,42
	P	>0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Сш	X	21,50±	22,70±	24,36±	24,81±	6,05±	5,75±	5,22±	5,10±	526,00±	504,34±	466,28±	454,24±
	Sx	0,17	0,27	0,14	0,15	0,11	0,11	0,15	0,05	5,06	2,09	3,19	4,11
	P	<0,01	<0,05	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Продовження табл. 13

Група	Показник	Марганець (мг% на попіл)			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±S _x	6,57± 0,09	6,95±0,11	7,49±0,06	7,69±0,05
	P	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05
R+Ссб	X±S _x	9,71±0,07	9,28±0,08	8,78±0,07	8,70±0,08
	P	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05
R+Сш	X±S _x	6,22±0,09	6,67±0,10	7,25±0,08	7,47±0,05
	P	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05

Табл. 14

Дані варіаційно-статистичної обробки остеометрії стегнових кісток (мм) експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Довжина кістки				Найбільша ширина проксимального епіфізу				Найбільша ширина дистального епіфізу			
		підгрупа				підгрупа				підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	24,97±	26,15±	28,13±	29,30±	5,80±	6,12±	6,63±	6,84±	4,92±	5,15±	5,65±	5,82±
	S _x	0,14	0,22	0,12	0,16	0,06	0,11	0,08	0,04	0,04	0,05	0,05	0,08
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01
R+Ссб	X	24,08±	25,79±	27,67±	29,00±	5,57±	5,95±	6,60±	6,76±	4,88±	5,12±	5,59±	5,78±
	S _x	0,23	0,21	0,21	0,23	0,09	0,08	0,006	0,08	0,03	0,03	0,06	0,04
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01
R+Сш	X	22,99±	25,19±	27,23±	28,63±	5,39±	5,91±	6,52±	6,67±	4,69±	4,94±	5,54±	5,71±
	S _x	0,18	0,19	0,17	0,28	0,11	0,09	0,04	0,09	0,05	0,04	0,08	0,03
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Продовження табл. 14

Група	Показник	Найбільша ширина діафізу				Передне-задній розмір діафізу			
		підгрупа				підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±Sx	385 ± 0,07	3,68±0,08	3,52±0,02	3,41± 0,02	2,76± 0,02	2,65±0,04	2,50±0,05	2,44±0,04
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05
R+Ссб	X±Sx	3,91± 0,06	3,74±0,05	3,56± 0,03	3,46± 0,03	2,85± 0,05	2,71± 0,02	2,51±0,05	2,43±0,04
	P	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,01	>0,5
R+Сш	X±Sx	4,00± 0,08	3,84±0,06	3,60± 0,05	3,47± 0,06	2,87± 0,04	2,76± 0,04	2,55±0,04	2,48±0,04
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01

Табл. 15

Дані варіаційно-статистичної обробки морфометрії дистального наросткового хряща (мкм) стегнових кісток експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Загальна ширина епіфізарного хряща				Ширина зони індіферентного хряща				Ширина зони проліферуючого хряща			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±	169,19±	186,14±	210,73±	220,97±	21,17±	21,39±	19,91±	19,99±	61,66±	67,07±	78,18±	83,70±
	Sx	1,99	2,10	1,93	2,19	0,23	0,24	0,21	0,19	0,58	0,54	0,67	0,53
	P	<0,001	<0,001	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X±	161,12±	178,19±	205,87±	222,11±	19,97±	20,18±	21,20±	21,58±	56,51±	63,86±	76,84±	83,56±
	Sx	2,21	1,65	2,15	2,21	0,17	0,19	0,27	0,28	0,62	0,74	0,59	0,48
	P	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001
R+Сш	X±	177,21±	161,71±	198,65±	218,64±	20,26±	20,00±	21,26±	21,49±	54,26±	58,81±	74,31±	81,95±
	Sx	1,55	1,20	1,50	2,09	0,33	0,29	0,31	0,29	0,61	0,47	0,57	0,63
	P	<0,001	<0,001	<0,01	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Табл. 16

Дані варіаційно-статистичної обробки морфометрії діафіза (мкм) стегнових кісток експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Ширина остеонного шару				Ширина шару зовнішніх оточуючих пластинок				Ширина шару внутрішніх оточуючих пластинок			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	195,64±	211,28±	238,44±	258,27±	132,83±	127,55±	118,60±	113,95±	99,45±	95,71±	88,61±	84,53±
	S _x	1,11	2,02	2,25	2,45	1,15	1,08	0,98	0,93	0,71	0,60	0,54	0,50
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X	188,09±	204,00±	233,72±	257,69±	136,75±	129,40±	119,39±	114,36±	102,90±	96,73±	89,83±	85,70±
	S _x	0,93	1,30	2,15	2,40	1,16	1,12	0,99	0,95	1,00	0,65	0,61	0,53
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Сш	X	177,58±	195,31±	225,17±	254,07±	139,28±	132,06±	121,16±	115,25±	104,19±	98,72±	89,71±	85,77±
	S _x	1,02	0,93	2,21	2,30	1,20	1,15	1,01	1,4	1,01	0,70	0,62	0,55
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Табл. 17

Дані варіаційно – статистичної обробки мінерального складу і вологи стегнових кісток експериментальних щурів ($X \pm S_x$)

Група	Показник	Вода (%)				Загальна кількість мінеральних речовин (% на суху вагу)				Кальцій (мг% на попіл)			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±	34,14±	32,76±	29,67±	28,57±	44,53±	45,99±	52,20±	54,90±	19,64±	20,77±	24,06±	25,62±
	Sx	1,90	2,12	1,12	0,91	1,40	1,15	1,25	1,05	0,51	0,32	0,91	0,18
	P	<0,05	<0,01	<0,01	>0,05	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05
R+Ссб	X±	34,82±	33,61±	30,35±	28,08±	42,67±	44,74±	51,61±	54,42±	18,87±	20,39±	23,54±	25,38±
	Sx	1,98	2,39	0,93	1,25	1,33	1,61	1,79	0,99	0,79	0,22	0,51	0,16
	P	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05
R+Сш.	X±	34,95±	33,90±	30,47±	29,42±	40,34±	42,09±	49,66±	53,20±	18,87±	19,08±	22,93±	25,09±
	Sx	1,52	2,15	0,99	1,47	1,31	1,70	1,68	1,70	0,43	0,79	0,81	0,25
	P	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05

Продовження табл. 17

Група	Показник	Натрій (мг% на попіл)				Калій (мг% на попіл)				Магній (мг% на попіл)			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±	2,17±	2,12±	1,92±	1,88±	1,29±	1,24±	1,16±	1,14±0,	0,841±	0,884±	0,967±	0,987±
	Sx	0,06	0,07	0,05	0,06	0,05	0,03	0,07	05	0,03	0,02	0,03	0,04
	P	<0,05	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5
R+Ссб	X±	2,22±	2,14±	1,95±	1,89±	1,34±	1,27±	1,16±	1,13±	0,844±	0,894±	0,960±	0,990±
	Sx	0,09	0,06	0,03	0,08	0,06	0,07	0,07	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03
	P	<0,05	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5
R+Сш	X±	2,32±	2,21±	1,98±	1,91±	1,35±	1,29±	1,16±	1,15±	0,779±	0,844±	0,9563±	0,978±
	Sx	0,22	0,09	0,09	0,02	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,03	0,02	0,05
	P	<0,01	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5

Продовження табл. 17

Група	Показник	Мідь (мг % на попіл)				Свинець (мг % на попіл)				Цинк (мг % на попіл)			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	32,24±	31,07±	28,64±	27,73±	4,65±	4,94±	4,86±	4,67±	496,75±	480,35±	449,30±	437,36±
	Sx	0,52	0,33	0,19	0,19	0,22	0,02	0,07	0,09	3,41	3,40	3,51	4,19
	P	<0,001	<0,001	<0,05	>0,5	>0,5	<0,05	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X	32,81±	31,45±	28,97±	27,60±	5,75±	5,55±	5,13±	5,04±	330,89±	345,75±	378,09±	391,37±
	Sx	0,33	0,41	0,18	0,09	0,17	0,03	0,04	0,06	3,30	3,22	3,73	3,78
	P	<0,001	<0,001	<0,05	>0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Сш	X	21,46±	22,19±	24,12±	24,50±	5,95±	5,69±	5,20±	5,05±	509,07±	493,09±	455,84±	441,35±
	Sx	0,17	0,17	0,16	0,15	0,29	0,04	0,07	0,05	5,03	3,41	3,45	4,82
	P	<0,001	<0,01	>0,5	>0,5	<0,01	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Продовження табл. 17

Група	Показник	Марганець (мг% на попіл)			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±S _x P	6,54±0,09 <0,001	6,79±0,07 <0,001	7,57±0,06 <0,01	7,76±0,04 <0,05
R+Ссб	X±S _x P	9,65±0,11 <0,001	9,45±0,09 <0,001	8,91±0,03 <0,01	8,74±0,05 <0,05
R+Сш	X±S _x P	6,40±0,10 <0,001	6,63±0,10 <0,001	7,38±0,04 <0,001	7,64±0,06 <0,01

Табл. 18

Дані варіаційно-статистичної обробки остеометрії великогомілкових кісток (мм) експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Довжина кістки				Найбільша ширина проксимального епіфізу				Найбільша ширина дистального епіфізу			
		підгрупа				підгрупа				підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±	29,46±	30,39±	32,00±	33,32±	5,69±	5,80±	5,98±	6,20±	4,42±	4,65±	4,75±	4,92±
	S _x	0,18	0,21	0,23	0,23	0,04	-0,04	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03
	P	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	>0,5	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5
R+Ссб	X±	28,78±	30,16±	31,64±	33,27±	5,54±	5,77±	5,99±	6,18±	4,32±	4,48±	4,65±	4,76±
	S _x	0,29	0,08	0,14	0,25	-0,07	0,05	-0,06	0,03	0,05	0,09	0,04	0,02
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5	>0,5
R+Сш	X±	28,59±	29,82±	31,48±	32,80±	5,40±	5,64±	5,85±	6,11±	4,26±	4,43±	4,53±	4,72±
	S _x	0,228	0,31	0,16	0,28	0,10	0,09	0,05	0,07	0,05	0,02	0,04	0,03
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5

Продовження табл. 18

Група	Показник	Найбільша ширина діафізу				Передне-задній розмір діафізу			
		Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±S _x	2,18±0,05	2,11±0,04	2,04±0,02	1,98± 0,04	2,94±0,08	2,91±0,24	2,71±0,05	2,63±0,01
	P	<0,01	<0,05	>0,5	>0,5	<0,001	>0,5	<0,01	<0,01
R+Ссб	X±S _x	217± 0,02	2,15± 0,05	2,07± 0,03	1,99± 0,05	3,02± 0,10	2,94± 0,26	2,73± 0,06	2,65± 0,01
	P	<0,001	<0,01	<0,05	>0,5	<0,001	>0,5	<0,01	<0,001
R+Сш	X±S _x	2,25± 0,03	2,21± 0,06	2,09±-0,02	2,00± 0,01	3,07± 0,09	2,99± 0,29	2,76± 0,05	2,69±0,02
	P	<0,01	<0,01	<0,05	>0,5	<0,001	>0,5	<0,001	<0,001

Табл. 19

Дані варіаційно-статистичної обробки морфометрії дистального наросткового хряща (мкм) великогомілкових кісток експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Загальна ширина епіфізарного хряща				Ширина зони індіферентного хряща				Ширина зони проліферуючого хряща			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	164,47±	175,77±	201,61±	214,50±	18,25±	18,60±	18,29±	18,39±	60,81±	67,85±	76,46±	82,36±
	S _x	1,30	1,79	1,80	2,10	0,10	0,12	0,42	0,08	0,82	0,66	0,85	0,90
	P	<0,001	<0,001	<0,05	>0,5	<0,05	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X	156,44±	164,28±	196,64±	211,74±	17,84±	17,91±	18,33±	19,07±	58,36±	64,70±	75,03±	89,96±
	S _x	2,01	1,81	1,89	2,09	0,21	0,13	0,34	0,22	0,61	0,72	0,68	0,98
	P	<0,001	<0,001	<0,01	>0,5	<0,01	<0,01	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	>0,5
R+Сш	X	142,84±	160,05±	188,86±	209,34±	18,27±	18,35±	19,52±	19,07±	53,97±	58,68±	71,76±	78,60±
	S _x	1,35	±1,64	2,09	2,24	0,06	0,38	0,07	0,22	0,57	0,79	0,70	0,84
	P	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Табл. 20

Дані варіаційно-статистичної обробки морфометрії діафіза (мкм) великогомілкових кісток експериментальних щурів ($\bar{X} \pm S_x$).

Група	Показник	Ширина остеонного шару				Ширина шару зовнішніх оточуючих пластинок				Ширина шару внутрішніх оточуючих пластинок			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	$\bar{X} \pm S_x$	192,73± 1,02	205,6± 1,95	225,67± 1,18	246,0± 213	129,91± 1,16	124,59± 1,15	116,78± 115	110,32± 0,90	98,10± 0,48	94,43± 0,47	85,86± 0,35	81,78± 0,45
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	$\bar{X} \pm S_x$	184,72± 1,20	196,39± 0,98	220,98± 2,03	244,64± 2,50	132,30± 1,24	126,21± 0,90	118,01± 0,93	110,78± 1,11	100,49± 1,10	96,55± 1,05	87,28± 0,40	82,36± 0,39
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Сш	$\bar{X} \pm S_x$	176,37± 1,09	188,04± 0,93	215,44± 1,98	242,26± 2,15	136,09± 1,15	128,97± 1,05	119,82± 1,18	111,75± 1,14	103,03± 0,98	98,18± 1,08	88,35± 0,56	83,24± 0,54
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Продовження табл. 20

Група	Показник	Діаметр остеонів				Діаметр каналу остеонів			
		Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±Sx	25,02±0,18	26,54±0,18	29,13±0,12	30,15±0,15	17,02±0,31	16,35±0,17	15,09±0,15	14,52±0,13
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01
R+Ссб	X±Sx	23,48±0,15	26,20±0,14	28,90±0,11	29,93±0,11	17,68±0,09	16,65±0,15	15,26±0,08	14,64±0,15
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01
R+Сш	X±Sx	22,59±0,13	25,65±0,1	28,39±0,09	29,77±0,13	18,16±0,18	16,93±0,18	15,57±0,11	14,73±0,35
	P	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05

Табл. 21

Дані варіаційно – статистичної обробки мінерального складу і вологи великогомілкових кісток експериментальних щурів ($X \pm S_x$).

Група	Показник	Вода				Загальна кількість мінеральних речовин (% на суху вагу)				Кальцій (мг% на попіл)			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	32,02±	30,65±	28,52±	27,22±	44,24±	47,63±	53,02±	55,96±	19,59±	21,31±	24,28±	25,41±
	S _x	1,22	1,65	0,18	0,18	1,66	1,55	1,17	1,12	0,49	0,85	0,60	0,29
	P	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05
R+Ссб	X	32,35±	31,50±	28,65±	27,68±	42,52±	45,65±	52,64±	55,23±	19,22±	20,31±	24,04±	25,26±
	S _x	1,33	1,55	0,19	0,50	1,50	1,26	1,24	1,08	0,70	0,65	0,43	0,51
	P	<0,01	<0,05	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05
R+Сш	X	33,52±	32,38±	29,16±	27,85±	39,58±	42,48 ±	50,90±	54,94±	18,01±	19,01±	23,54±	24,84±
	S _x	1,70	1,33	0,80	0,65	1,39	1,93	1,22	1,50	0,81	0,59	0,38	0,48
	P	<0,01	<0,01	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01

Продовження табл. 21

Група	Показник	мідь (мг% на попіл)				свинець (мг% на попіл)				цинк (мг% на попіл)			
		Підгрупа				Підгрупа				Підгрупа			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН	ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X	27,20±	27,99±	28,82±	27,89±	4,69±	4,90±	4,97±	4,71±	511,04±	490,30±	446,64±	441,05±
	S _x	0,13	0,10	0,10	0,10	0,14	0,09	0,12	0,03	5,41	3,58	3,68	3,33
	P	>0,5	>0,5	<0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001
R+Ссб	X	27,42±	28,56±	28,86±	28,04±	5,94±	5,71±	5,27±	5,14±	327,49±	339,01±	374,06 ±	386,38±
	S _x	0,18	0,51	0,25	0,12	0,08	0,03	0,09	0,07	3,12	3,19	4,02	3,80
	P	>0,5	<0,05	<0,05	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R+Сш	X	20,59±	21,82±	23,80±	24,51±	6,08±	5,82±	5,30±	5,18±	522,23±	498,39±	457,74 ±	446,27±
	S _x	0,14	0,15	0,11	0,05	0,09	0,08	0,07	0,11	4,22	3,74	3,32	3,68
	P	<0,001	<0,01	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001

Група	Показник	Марганець (мг% на попіл)			
		ІДН	ІСН	ПСН	ПДН
R+Ся	X±S _x	6,37±0,04	6,59±0,08	7,45±0,06	7,63±0,04
	P	<0,001	<0,001	<0,05	>0,5
R+Ссб	X±S _x	9,84±0,07	9,57±0,07	8,81±0,04	8,69±0,05
	P	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05
R+Сш	X±S _x	6,16±0,09	6,55±0,11	9,18±0,07	7,51±0,05
	P	<0,001	<0,001	<0,01	<0,05