

УДК 616-039.71+616.716.8-599.323.4

DOI <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2025-56-4.10>**І.В. Ніколаєнко,**

аспірант,

Одеський національний медичний університет,

Валіховський провулок, 2, м. Одеса, Україна,

індекс 65082, Coldsmail@gmail.com**О.Е. Рейзвіх,**

доктор медичних наук, професор,

Державна установа «Інститут стоматології

та щелепно-лицевої хірургії Національної академії

медичних наук України»,

вул. Рішельєвська, 11, м. Одеса, Україна, індекс 65026,

olgareyzvikh@gmail.comorcid.org/0000-0001-7433-9240**І.В. Ходаков,**

Державна установа «Інститут стоматології

та щелепно-лицевої хірургії Національної академії

медичних наук України»,

вул. Рішельєвська, 11, м. Одеса, Україна, індекс 65026,

orcid.org/0000-0003-4352-4798**М.Т. Христова,**

кандидат медичних наук, доцент,

завуч кафедри загальної стоматології,

Одеський національний медичний університет,

Валіховський провулок, 2, м. Одеса, Україна,

індекс 65082,

milyusa3007@gmail.comorcid.org/0000-0001-8956-3720

ВПЛИВ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ НА СТАН СТЕГНОВИХ КІСТОК ТА ПОПЕРЕКОВИХ ХРЕБЦІВ ЩУРІВ ЗА УМОВ КАРІЄСОГЕННОЇ ДІЄТИ ТА АЛІМЕНТАРНОГО ДЕФІЦИТУ ВІТАМІНУ D НА ТЛІ ДЕСТРУКЦІЇ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ЩЕЛЕП

У статті представлені результати досліджень, що свідчать, що споживання щурами високосахарозного корму з додаванням надлишкової кількості вітаміну А протягом 33 днів призвело до формування у таких щурів кісток зі зниженою щільністю, що є наслідком зниження вмісту сухих речовин за рахунок мінерального компонента. Це, своєю чергою, свідчить про порушення мінералізації кісток внаслідок негативного впливу цукру на метаболізм кісткової тканини й надходження вітаміну А, що посилив дефіцит вітаміну D. Підвищення вмісту органічного компонента кісток, який має майже вдвічі меншу щільність порівняно з мінеральним компонентом, також сприяє зниженню щільності кісток. Тобто карієсогенна дієта та введення вітаміну А призвели до накопичення менш щільної тканини у кістках щурів, що росли. До цього ж

у поперекових хребцях відмінності між показниками їхнього стану від інтактних показників були суттєві за значенням, ніж у стегнових кістках, що вказує на більшу чутливість кісткової тканини хребців до аліментарних факторів. **Мета дослідження** – дослідити вплив запропонованого лікувально-профілактичного комплексу на стан стегнових кісток та поперекових хребців щурів за умов карієсогенної дієти та аліментарного дефіциту вітаміну D. **Матеріали та методи дослідження.** Самців білих щурів віком 4 місяці розподілили по 10 особин у три групи: 1) інтактна – щури без хірургічних маніпуляцій і без введення препаратів, споживали повноцінний комбінований корм; 2) патологія – травма ділянки нижньої щелепи в проекції коренів молярів та моделювання аліментарного гіповітамінозу D на тлі карієсогенної дієти (ТДК); 3) лікування – травма ділянки нижньої щелепи в проекції коренів молярів, введення лікувально-профілактичного комплексу на тлі моделювання аліментарного гіповітамінозу D із застосуванням карієсогенної дієти (ТДК+ЛПК). Тривалість експерименту – 33 доби. Досліджували стан стегнових кісток та поперекових хребців. Визначали їхню щільність і вміст у них мінерального (МК) й органічного компонентів (ОК) гравіметричними методами, сухих речовин (мінерально-органічний комплекс, МОК). **Результати.** У щурів 2-ї групи, яких утримували на карієсогенній дієті на тлі дефіциту вітаміну D, спостерігали знижені показники щільності всіх дослідних кісток, що є наслідком вірогідного низького вмісту сухих речовин (МОК) на 1,39% переважно за рахунок речовин мінерального компонента (МК), вміст яких у кістках був нижче інтактного показника на 3,59%. Відповідно, зросла частка органічного компонента (ОК) на 2,20%. Низька щільність хребців у щурів 2-ї групи також була зумовлена зниженням вмісту МОК – на 1,55%, МК – на 4,43% та підвищенням вмісту ОК – на 2,88% порівняно з аналогічними інтактними показниками. Введення щурам 3-ї групи ЛПК сприяло підвищенню середньої щільності стегнових кісток до значення, що вірогідно відрізняється від показника 2-ї групи, але не досягає інтактного значення. Аналіз складу стегнових кісток 3-ї групи показав, що підвищення щільності сталося завдяки підвищенню вмісту МК на 2,58% та зниженню вмісту ОК на 2,73% до значень, що статистично не відрізнялися від інтактних показників. Це свідчить про позитивний суттєвий вплив ЛПК на нормалізацію метаболізму кісткової тканини стегнових кісток на тлі надлишкового споживання тваринами цукру і вітаміну А. Але позитивний вплив ЛПК на показники стану кісток, що спостерігали для стегнових кісток, не фіксується у поперекових хребцях. Натомість введення ЛПК не вплинуло на щільність кісток і вміст МК у хребцях щурів 3-ї групи – відхилення значень цих показників від відповідних показників 2-ї групи статистично не підтверджується. Більше того, значення щільності, вмісту МОК та МК мають хоч і не значну, але загальну тенденцію до зниження. **Висновки.** Додавання лікувально-профілактичного комплексу щурам на тлі ТДК сприяє нормалізації кісткового метаболізму у трубчастих кістках, нівелюючи дію вітаміну А та наближуючи показники стану кісток до інтактних показників. У хребцях ЛПК посилює синтез колагенової матриці, що призво-

дить до збільшення відносного об'єму хребців, накопичення органічних речовин та зниження мінералізації кісток, що своєю чергою впливає на зниження їхньої щільності.

Ключові слова: щури, карієсогенна дієта, D-гіповітаміноз, деструкція кістки, стегнові кістки, поперекові хребці.

I.V. Nikolaienko,

Postgraduate Student at the Department
of General Dentistry,

Odessa National Medical University,
2 Valikhovsky Lane, Odesa, Ukraine, postal code 65000,
Coldsmail@gmail.com

O.E. Reyzvikh,

Doctor of Medical Sciences, Associate Professor,
Head of the Scientific Coordination
and Patent Information Department,

State Establishment "The Institute of Stomatology
and Maxillo-Facial Surgery National Academy
of Medical Science of Ukraine",
11 Risheliivska street, Odesa, Ukraine, postal code 65026,
olgareyzvikh@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7433-9240

I.V. Hodakov,

State Establishment "The Institute of Stomatology
and Maxillo-Facial Surgery National Academy
of Medical Science of Ukraine",

11 Risheliivska street, Odesa, Ukraine, postal code 65026

M.T. Khrystova,

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of General Dentistry,
Odessa National Medical University,

2 Valikhovsky Lane, Odessa, Ukraine, postal code 65082,
milyucya3007@gmail.com

**EFFECT OF THERAPEUTIC
AND PREVENTIVE COMPLEX
ON THE STATE OF FEMORAL
BONES AND LUMBAR VERTEBRAE
OF RATS UNDER CARIOGENIC
DIET AND ALIMENTARY
DEFICIENCY OF VITAMIN D AGAINST
THE BACKGROUND OF DESTRUCTION
OF BONE TISSUE OF THE JAW EP**

The article presents the results of studies indicating that the consumption of rats of highly saccharose food with the addition of an excess amount of vitamin A for 33 days led to the formation in such rats of bones with a reduced density, which is a consequence of a decrease in dry substances due to the mineral component. This, in turn, indicates a violation of bone mineralization due to the negative effect of sugar on bone metabolism and the intake of vitamin A, which aggravated the deficiency of vitamin D. An increase in the content of the organic component of bones, which

has almost half the density compared to the mineral component, also contributes to a decrease in bone density. That is, the cariogenic diet and the administration of vitamin A led to the accumulation of less dense tissue in the bones of the growing rats. In addition, in the lumbar vertebrae, the differences between the indicators of their condition and intact indicators were more significant in value than in the femurs, which indicates a greater sensitivity of the bone tissue of the vertebrae to alimentary factors. **Purpose of the study is** to investigate the effect of the proposed therapeutic and prophylactic complex on the condition of the femurs and lumbar vertebrae of rats under the conditions of cariogenic diet and alimentary deficiency of vitamin D. **Materials and methods of research.** Male white rats 4 months old were divided into 10 individuals into three groups: 1) intact – rats without surgical manipulation and without the introduction of drugs, consumed a full-fledged combined food; 2) pathology – trauma of the lower jaw area in the projection of the molar roots and modeling of alimentary hypovitaminosis D against the background of a cariogenic diet (TDK); 3) treatment – trauma of the lower jaw in the projection of the molar roots, the introduction of a therapeutic and prophylactic complex against the background of modeling alimentary hypovitaminosis D using a cariogenic diet (TDK+LPC). The duration of the experiment is 33 days. The condition of the femurs and lumbar vertebrae was examined. Their density and content in them of mineral (MK) and organic components (OK) by gravimetric methods, dry substances (mineral-organic complex, IOC) were determined. **Results.** In rats of the 2nd group, which were kept on a cariogenic diet against the background of vitamin D deficiency, a decrease in the density of all test bones was observed, which is a consequence of a likely low dry matter content (IOC) by 1.39%, mainly due to mineral component substances (MK), the content of which in bones was lower than intact by 3.59%. Accordingly, the share of organic component (OC) increased by 2.20%. Low vertebral density in rats of the 2nd group was also due to a decrease in IOC content – by 1.55%, MK – by 4.43% and an increase in OK content – by 2.88% compared to similar intact indicators. The introduction of rats of the 3rd group of PBL contributed to an increase in the average density of the femur bones to a value that probably differs from the indicator of the 2nd group, but does not reach intact value. Analysis of the composition of the femurs of the 3rd group showed that the increase in density occurred due to an increase in the MK content by 2.58% and a decrease in the OK content by 2.73% to values that did not statistically differ from intact values. This indicates a positive significant effect of PBL on the normalization of the metabolism of bone tissue of the femurs against the background of excessive consumption of sugar and vitamin A by animals. But the positive effect of PBL on bone condition indicators observed for femurs is not fixed in the lumbar vertebrae. Instead, the introduction of LPC did not affect bone density and the content of MC in the vertebrae of rats of the 3rd group – the deviation of these values from the corresponding parameters of the 2nd group is not statistically confirmed. Moreover, the values of density, content of IOC and MK have, though not significant, but a general tendency to decrease. **Conclusions.** The addition of a therapeutic and prophylactic complex to rats against the background of TDK contributes to the normalization

of bone metabolism in tubular bones, leveling the action of vitamin A and bringing bone condition indicators closer to intact indicators. In the vertebrae, PBL enhances the synthesis of the collagen matrix, which leads to an increase in the relative volume of the vertebrae, the accumulation of organic substances and a decrease in the mineralization of bones, which in turn affects the decrease in their density.

Key words: rats, cariogenic diet, D-hypovitaminosis, bone destruction, femurs, lumbar vertebrae.

За даними проф. В. Поворознюка в Україні близько 3,5 мільйона дорослого населення страждає від остеопорозу та його ускладнень [1]. Остеопороз є поширеним метаболічним порушенням кісток у пацієнтів, особливо у жінок у постменопаузі з дефіцитом естрогену, та проявляється як підвищена крихкість кісток через втрату кісткової маси та мікроархітектурного погіршення кісткової тканини [2; 3] і може значно ускладнити процес відновлення кісткової тканини в зоні деструкції [4].

У сучасних умовах екстремальні емоційні та фізичні навантаження зумовлюють підвищену потребу організму людини в поповненні енергетичних затрат за рахунок високовуглеводного раціону. Одним із затребуваних складників вуглеводного компонента їжі є цукор, підвищене споживання якого спричиняє у людини розвиток таких хвороб, як інсулінорезистентність, діабет 2-го типу, дисліпідемія, дисбіоз, ознаки метаболічного синдрому, призводить до накопичення вісцерального жиру, стеатозу та фіброзу печінки [5; 6], в т. ч. до негативних змін у кістковій системі через посилення резорбції, зниження мінеральної щільності та порушення обміну кальцію [7; 8].

Аліментарна форма остеопорозу пов'язана з дефіцитом вітаміну D та мінеральних компонентів і, як правило, розвивається у підлітків та людей молодого віку. Причиною D-гіповітамінозу у разі аліментарної форми остеопорозу може бути як недостатнє надходження вітаміну D в організм, так і порушення його обміну з утворенням активних метаболітів.

Дані експериментальних досліджень свідчать, що D-гіповітамінозна дієта протягом 2 місяців призводить до порушення метаболізму кісткової тканини, її структурно-функціонального стану та затримки поперечного та поздовжнього росту довгих кісток; зміни метаболізму та структурно-функціонального стану кісткової тканини у щурів відбуваються на тлі зменшення вмісту активних метаболітів вітаміну D; у разі аліментарної форми остеопорозу причиною зменшення вмісту активних метаболітів вітаміну D є недостатнє надходження цього вітаміну в організм [9].

Мета дослідження – дослідити вплив запропонованого лікувально-профілактичного комплексу на стан стегнових кісток та поперекових хребців щурів за умов карієсогенної дієти та аліментарного дефіциту вітаміну D.

Матеріали та методи дослідження. Експеримент проводили на 30 самцях білих щурів віком 4 місяці з початковою масою тіла $214,8 \pm 3,2$ г. Тривалість експерименту – 33 доби. Щури були розподілені на три дослідні групи по 10 особин у кожній:

1. Інтактна – щури без хірургічних маніпуляцій і без введення препаратів, споживали повноцінний комбінований корм.

2. Патологія – травма ділянки нижньої щелепи в проєкції коренів молярів та моделювання аліментарного гіповітамінозу D на тлі високосахарозної карієсогенної дієти (ТДК).

3. Лікування – травма ділянки нижньої щелепи в проєкції коренів молярів, введення лікувально-профілактичного комплексу (ЛПК) на тлі моделювання аліментарного гіповітамінозу D із застосуванням високосахарозної карієсогенної дієти (ТДК+ЛПК).

До складу лікувально-профілактичного комплексу (ЛПК) введено Аквадетрим вітамін D₃ (водний розчин 10 мл, по 0,000297 мл на 100 г маси тіла щура (4,45 МО вітаміну D₃), per os; «Остеовіт» (150 мг/кг маси тіла щура); гель «Муміє» (1 раз в день щодня по 0,3 мл на 200 г маси тіла щурів, per os) та спрей «Фортеза» (0,3 мл 0,15% розчину на 200 г маси тіла щурів).

Травмування нижньої щелепи здійснювали в умовах віварію за допомогою портативної бормашинки та стерильного твердосплавного бору в умовах тіопенталового наркозу.

Виведення тварин з експерименту здійснювали тотальним знекровленням шляхом відсікання від серця магістральних кровеносних судин під тіопенталовим наркозом з подальшим відбором біоматеріалу для дослідження [10].

Досліджували стан стегнових кісток та поперекових хребців. Кістки ретельно очищували від м'язових тканин та хрящів, після чого визначали їхню щільність і вміст у них мінерального (МК) й органічного компонентів (ОК) гравіметричними методами, сухих речовин (мінерально-органічний комплекс, МОК). Щільність кісток визначали за різницею показників ваг під час зважування вологих кісток у повітрі і в дистильованій воді з урахуванням фізичних параметрів води й дроту, за допомогою якого кістки прикріплювали до гачка важеля ваг за способом [11]. Вміст мінерального й органічного компонентів (МОК) у кістках визначали

як вагові частки в загальній масі кістки, обчислені у відсотках, за вимірами маси вологих і висушених кісток та їх об'єму із застосуванням постійних фізичних параметрів колагену й гідроксиапатиту як основних складових частин кісткової тканини за способом [12]. Для зважувань використовували ваги торсійні ВТ-500.

ОК – органічний компонент кісток, в.ч. – вагова частка компонента в загальній масі кістки, $I_v = V_k / M_T$, де: V_k – об'єм вологої кістки, мм³, M_T – маса тіла щура, г. Усі показники подано для вологих кісток.

Для дослідження впливу карієсогенних факторів на відновлення травмованої щелепи використали карієсогенну дієту М.С. Бугайової та С.А. Нікітіна у модифікації І.В. Ходакова та ін. (2023) [13].

Зниження вмісту олії на 0,5% обґрунтовано використанням цієї олії для дозування ретинолу ацетату (34,4 мг (100000 МО)/мл. Виробник: ПрАТ «Технолог», м. Умань, Україна). Застосовували вітамін А із розрахунку 0,048 мл на 100 г корму (48000 МО) для введення щурам. Видалення «Ундевіту» із раціону обґрунтовано використанням у дослідженні вітамінів А та D₃ [14]. Компенсували зниження вмісту олії у кормі за рахунок підвищення вмісту сухариків на 0,5%, внаслідок чого склад карієсогенної дієти був такий: цукор рафінований (57%); сир коров'ячий молочний знежирений (18,5%); сухарики з білого пшеничного хлібу (19%); олія соняшникова нерафінована (4,5%); сіль кухонна (1%).

Ретинолу ацетат, «Аквадетрим» та «Остеовіт» видавали щурам через додаткові годівниці (чашки Петрі). Через те, що щури були розподілені у три клітини 2-ї групи та три клітини 3-ї групи, препарати видавали у 6 годівницях таким чином:

1. Готували 3 мл загального олійного розчину ретинолу ацетату за формулами:

$$V_{\text{ретинолу}} \text{ (мл)} = m_k - 0,00048,$$

де: m_k – загальна маса корму ДК для всіх кліток (г), 0,00048 – кількість ретинолу (мл) на 1 г корму;

$$V_{\text{олії}} \text{ (мл)} = 3 - V_{\text{ретинолу}}$$

До нерафінованої соняшникової олії додавали ретинолу ацетат та ретельно змішували.

2. У трьох годівницях готували пасту, яка мала такий склад: борошно пшеничне (1,1 г), сухарики з білого хлібу мелені (0,8 г), вода дистильована (3,5 мл).

3. Додавали до пасти у кожній з трьох годівниць по 0,5 мл олійного розчину ретинолу.

Усі компоненти годівниць ретельно змішували, після чого годівниці розміщували у три клітини 2-ї групи для споживання вмісту щурами.

4. До залишку олійного розчину ретинолу (1,5 мл) додавали рідинний препарат «Аквадетрим» як джерело вітаміну D₃ об'ємом

$$V_{\text{аквадет.}} \text{ (мл)} = m_{\text{щ}} - 2,97 \cdot 10^{-6},$$

де: $m_{\text{щ}}$ – загальна маса тіла щурів у третій групі (г).

5. У трьох годівницях готували пасту, склад якої наведений вище.

6. Додавали до пасти у кожній з трьох годівниць по 0,5 мл олійного розчину ретинолу ацетату і «Аквадетриму».

7. Додавали до вмісту кожної з трьох годівниць речовину з капсули «Остеовіт» масою $m_{\text{остеовіт}} \text{ (мг)} = m_{\text{щ}} - 0,150/3$, де

$m_{\text{щ}}$ – загальна маса тіла щурів у третій групі (г).

Усі компоненти годівниць ретельно змішували, після чого годівниці розміщували у три клітини 3-ї групи для споживання вмісту щурами.

«Муміє» та «Фортезу» вносили щурам у ротову порожнину через насадку дозаторної піпетки.

Спреєм «Фортеза» зрошували ротову порожнину щурів протягом перших 10 діб після травмування, інші препарати – впродовж всього терміну експерименту [15].

Результати дослідження опрацьовували за допомогою пакета статистичної обробки MS Excel 2010. Аналіз відмінностей середніх показників здійснювали з використанням t-критерію Стьюдента після перевірки відповідності розподілу показників у групах нормальному закону. Статистично значущими вважали відмінності при $p < 0,05$.

Результати дослідження та обговорення. У таблицях 1 та 2 представлено щільність та склад стегнових кісток і поперекових хребців щурів дослідних груп. У щурів 2-ї групи, що утримували на карієсогенній дієті на тлі дефіциту вітаміну D (за рахунок додавання вітаміну А), спостерігали знижені показники щільності усіх дослідних кісток, що підтверджується на високому рівні значущості ($p < 0,001$). Так, щільність стегнових кісток була вірогідно менше інтактного показника на 2,73% ($p < 0,05$), хребців – на 3,16% ($p < 0,05$). Аналіз складу стегнових кісток у щурів 2-ї групи виявив, що зниження щільності цих кісток є наслідком вірогідного низького вмісту сухих речовин (МОК) на 1,39% ($p < 0,05$) переважно за рахунок речовин мінерального компонента (МК), вміст яких у кістках був нижче інтактного показника на 3,59% ($p < 0,001$). Відповідно, зростає частка органічного компонента (ОК) на 2,20% ($p < 0,05$) (табл. 1).

Схожу тенденцію, також підтверджену статистично, спостерігали для поперекових хребців кісток у щурів 2-ї групи: низька щільність хребців також була зі зниженням вмісту МОК – на 1,55% ($p < 0,05$), МК – на 4,43% ($p < 0,001$) та підвищенням вмісту ОК – на 2,88% ($p < 0,001$) порівняно з аналогічними інтактними показниками (табл. 2).

Таким чином, споживання щурами високо-сахарозного корму з додаванням надлишкової кількості вітаміну А протягом 33 діб призвело до формування у таких щурів кісток зі зниженою щільністю, що є наслідком зниження вмісту сухих речовин за рахунок мінерального компонента. Це, своєю чергою, свідчить про порушення мінералізації кісток внаслідок негативного впливу цукру на метаболізм кісткової тканини й надходження вітаміну А, що посилив дефіцит вітаміну D. Підвищення вмісту органічного компонента кісток,

який має майже вдвічі меншу щільність порівняно з мінеральним компонентом, також сприяє зниженню щільності кісток. Тобто карієсогенна дієта та введення вітаміну А призвели до накопичення менш щільної тканини у кістках щурів, що росли. До цього ж у поперекових хребцях відмінності між показниками їхнього стану від інтактних показників були суттєві за значенням, ніж у стегнових кістках, що вказує на більшу чутливість кісткової тканин хребців до аліментарних факторів.

Введення щурам 3-ї групи ЛПК сприяло підвищенню середньої щільності стегнових кісток до значення, що вірогідно відрізняється від показника 2-ї групи ($p < 0,05$), але не досягає інтактного значення ($p < 0,01$). Аналіз складу стегнових кісток 3-ї групи показав, що підвищення щільності сталося завдяки підвищенню вмісту МК на 2,58%

Таблиця 1

Стан стегнових кісток щурів у дослідних групах

Показники	Групи		
	Інтактна	ТДК	ТДК + ЛПК
Щільність, мг/мм ³	1,538 ± 0,0067	1,496 ± 0,0044 $p_1 < 0,001$	1,519 ± 0,0061 $p_1 < 0,05$ $p_2 < 0,01$
Вміст МОК (в.ч.), %%	64,60 ± 0,33	63,21 ± 0,40 $p_1 < 0,05$	63,06 ± 0,45 $p_1 < 0,05$
Вміст МК (в.ч.), %%	41,99 ± 0,70	38,40 ± 0,32 $p_1 < 0,001$	40,98 ± 0,53 $p_2 < 0,001$
Вміст ОК (в.ч.), %%	22,61 ± 0,82	24,81 ± 0,43 $p_1 < 0,05$	22,08 ± 0,64 $p_2 < 0,01$
Індекс об'єму, I _v	1,353 ± 0,045	1,595 ± 0,041 $p_1 < 0,001$	1,451 ± 0,040 $p_2 < 0,05$

Примітки: p_1 – показник значущості відмінності від інтактної групи; p_2 – показник значущості відмінностей від групи ТДК

Таблиця 2

Стан поперекових хребців щурів у дослідних групах

Показники	Групи		
	Інтактна	ТДК	ТДК + ЛПК
Щільність, мг/мм ³	1,488 ± 0,0055	1,441 ± 0,0049 $p_1 < 0,001$	1,432 ± 0,0102 $p_1 < 0,001$
Вміст МОК (в.ч.), %%	60,18 ± 0,53	58,63 ± 0,38 $p_1 < 0,05$	57,41 ± 0,60 $p_1 < 0,01$
Вміст МК (в.ч.), %%	39,82 ± 0,55	35,39 ± 0,36 $p_1 < 0,001$	35,03 ± 0,87 $p_1 < 0,001$
Вміст ОК (в.ч.), %%	20,36 ± 0,81	23,24 ± 0,24 $p_1 < 0,001$	22,38 ± 0,49 $p_2 < 0,05$
Індекс об'єму, I _v	0,302 ± 0,013	0,366 ± 0,011 $p_1 < 0,01$	0,464 ± 0,021 $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,01$

Примітки: p_1 – показник значущості відмінності від інтактної групи; p_2 – показник значущості відмінностей від групи ТДК

($p < 0,001$) та зниженню вмісту ОК на 2,73% ($p < 0,01$) до значень, що статистично не відрізнялися від інтактних показників. Це свідчить про позитивний суттєвий вплив ЛПК на нормалізацію метаболізму кісткової тканини стегнових кісток на тлі надлишкового споживання тваринами цукру і вітаміну А.

Але позитивний вплив ЛПК на показники стану кісток, що спостерігали для стегнових кісток, не фіксується у поперекових хребцях. Натомість введення ЛПК не вплинуло на щільність кісток і вміст МК у хребцях щурів 3-ї групи – відхилення значень цих показників від відповідних показників 2-ї групи статистично не підтверджується. Більше того, значення щільності, вмісту МОК та МК мають хоч і не значну, але загальну тенденцію до зниження (табл. 2).

Отримані результати свідчать про суттєву різницю процесів ремоделювання кісткових тканин трубчастих кісток і хребців внаслідок особливості типу кісткової тканини, з якої переважно складаються ці кістки. У хребцях переважає трабекулярна кісткова тканина з більшою метаболічною активністю завдяки меншій щільності її елементів та великою площею зон метаболічної активності, у складі ж стегнових кісток переважає компактна кісткова тканина з меншою площею зон з високою активністю кісткових елементів. Тому інтегральний результат позитивного впливу ЛПК на процеси синтезу та мінералізації може суттєво відрізнятися у трубчастих кістках і хребцях.

Для отримання додаткової інформації про особливості впливу ЛПК на кісткові тканини обчислили індекс об'єму I_v дослідних кісток. Базуючись на припущенні, що ЛПК, у складі якого присутні не тільки вітамін D як стимулятор мінералізації й активатор зниження втрат кальцію організмом, але й цілий комплекс рослинних екстрактів (у складі препарату «Муміє»), може мати виражений остеотропний вплив у вигляді стимуляції синтезу такого компонента кісткової тканини, як колагенова матриця. Посилення синтезу кісткових тканин може призводити до збільшення об'єму кісток, який буде відносно більший за об'єм кісток у щурів, де синтез кісткових тканин триває з меншою інтенсивністю. Припускаючи, що в цьому дослідженні нормою морфометричного стану кісток є відношення об'єму кісток до маси тіла у щурів інтактної групи, обчислили ці відношення для щурів інших груп.

Значення індексу I_v для дослідних кісток наведено у таблицях 1 і 2. Видно, що всі кістки у щурів за отримання на ТДК мали збільшений об'єм

порівняно з кістками щурів інтактної групи, що підтверджується на високому рівні статистичної значущості. Так, відносний об'єм стегнових кісток був більшим на 17,9%, а хребців на 21,2% порівняно з інтактними показниками, що однозначно свідчить про стимуляцію синтезу кісткового колагену ймовірно завдяки споживанню вітаміну А, одним з проявів дії якого є стимуляція проліферації клітин різних тканин, у тому числі й остеобластів, що синтезують остеоїду. Побічно це підтверджується тим, що на початку експерименту спостерігали стимуляцію зростання маси тіла саме у щурів 2-ї групи.

Введення ЛПК щурам 3-ї групи загальмувало збільшення об'єму стегнових кісток до рівня, що статистично не відрізнявся від інтактного значення, хоча за значенням відносний об'єм кісток у щурів 3-ї групи був вищим, ніж в інтактній групі, на 7,2% (табл. 1). Натомість зростання об'єму поперекових хребців, що спостерігали у щурів 2-ї групи і яке було на 21,2% більше інтактного показнику, за умов додавання ЛПК не тільки не було пригальмовано, а навіть суттєво посилювалося на 53,6% стосовно інтактного значення.

Звідси й різна картина фізичних параметрів і складу дослідних кісток. У стегнових кістках щурів 3-ї групи спостерігається знижена порівняно з 2-ю групою інтенсивність збільшення об'єму, що сприяло збереженню вмісту ОК на рівні інтактного значення та посиленню мінералізації новосинтезованої кісткової тканини (табл. 1) і, як наслідок, підвищенню щільності кісток. У хребцях же під дією ЛПК синтез кісткової тканини посилювався, що підтверджується вірогідним збільшенням відносного об'єму, вмістом ОК, що близький за значенням до показника 2-ї групи, та зниженим порівняно з інтактним показником вмістом МК, що призвело до низького значення щільності хребців.

Таким чином, додавання ЛПК щурам на тлі ТДК сприяє нормалізації кісткового метаболізму у трубчастих кістках, нівелюючи дію вітаміну А та наближуючи показники стану кісток до інтактних показників. У хребцях ЛПК посилює синтез колагенової матриці, що призводить до збільшення відносного об'єму хребців, накопичення органічних речовин та зниження мінералізації кісток, що своєю чергою впливає на зниження їхньої щільності.

Література:

1. Поворознюк В.В. Захворювання кістково-м'язової системи в людей різного віку (вибрані лекції, огляди, статті). Т. 4. Київ. 2014. 672 с.

2. Yong E.L., Logan S. Menopausal osteoporosis: screening, prevention and treatment. *Singapore Med J.* 2021. № 62(4). P. 159–166. DOI: 10.11622/smedj.2021036.

3. Muñoz M., Robinson K., Shibli-Rahhal A. Bone Health and Osteoporosis Prevention and Treatment. *Clin Obstet Gynecol.* 2020. № 63(4). 770–787. DOI: 10.1097/GRF.0000000000000572.

4. Segura-Egea J.J., Cabanillas-Balsera D., Martín-González J., Cintra L.T.A. Impact of systemic health on treatment outcomes in endodontics. *Int Endod J.* 2023. № 56(2). P. 219–235. DOI: 10.1111/iej.13789.

5. Cruz E.M.S., de Moraes J.M.B., da Rosa C.V.D. et al. Long-term sucrose solution consumption causes metabolic alterations and affects hepatic oxidative stress in Wistar rats. *Biology Open.* 2020. Vol. 9. bio047282. DOI: 10.1242/bio.047282.

6. Oliveira D.T.D., Fernandes I.D.C., Sousa G.G.D. et al. High-sugar diet leads to obesity and metabolic diseases in ad libitum-fed rats irrespective of caloric intake. *Arch. Endocrinol. Metab.* 2020. Vol. 64. P. 71–81. DOI: 10.20945/2359-39970 00000199.

7. Lorincz C., Reimer R.A., Boyd S.K., Zernicke R.F. High-fat, sucrose diet impairs geometrical and mechanical properties of cortical bone in mice. *Br J Nutr.* 2010. № 103(9). P. 1302–8. DOI: 10.1017/S0007114509993084.

8. Понирко А.О., Рябенко Т.В. Порівняльна характеристика стану кісткової тканини у щурів різних вікових груп за умов індукованої гіперглікемії. *Український журнал медицини, біології та спорту.* 2019. Т. 4. № 5 (21). С. 67–71.

9. Вітамін D і кісткова система / Г.В. Гайко та ін. Київ : Книга Плюс, 2008. 176 с.

10. Методи дослідження стану кишечника та кісток у лабораторних щурів : довідник / О.А. Макаренко та ін. Одеса : видавець С.Л. Назарчук, 2022. 81 с.

11. Ходаков І.В. Спосіб визначення щільності кісток лабораторних тварин. *Досягнення біології та медицини.* 2004. № 2(4). С. 38–41.

12. Vdoviaková K., Petrovová E., Maloveská M., Krešáková L., Teleky J., Elias M.Z., Petrášová D. Surgical Anatomy of the Gastrointestinal Tract and Its Vasculature in the Laboratory Rat. *Gastroenterol Res Pract.* 2016. № 2016. P. 2632368. DOI: 10.1155/2016/2632368.

13. Ходаков І.В., Хромагіна Л.М., Макаренко О.А., Мудрик Л.М. Модифікація казеїно-сахарозної дієти М.С. Бугайової та С.А. Нікітіна (1954) для моделювання карієсу зубів у щурів. *Вісник стоматології.* 2023. Т. 47. № 1(122). С. 71–76. DOI: 10.35220/2078-8916-2023-47-1.12.

14. Науково-практичні рекомендації з утримання лабораторних тварин та робота з ними / Ю.М. Кожем'якін та ін. Київ : Авіцена, 2002. 156 с.

15. Рейзвіх О.Е., Ніколаснко І.В., Шнайдер С.А. Вплив лікувально-профілактичного комплексу на приріст маси тіла щурів за умов карієсогенної дієти та аліментарного дефіциту вітаміну D на тлі деструкції

кісткової тканини щелеп. *Вісник стоматології.* 2025. № 3. С. 61–69. DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2025-56-3.10>.

References:

1. Povorozniuk, V.V. (2014). Zakhvoriuvannia kistkovo-miazovoi systemy v liudei riznoho viku (vybrani lektsii, ohliady, statti). T. 4 [Diseases of the musculoskeletal system in people of different ages (selected lectures, reviews, articles)]. Vol. 4]. Kyiv [in Ukrainian].

2. Yong, E.L., Logan, S. (2021). Menopausal osteoporosis: screening, prevention and treatment. *Singapore Med J.*, 62(4), 159–166. DOI: 10.11622/smedj.2021036.

3. Muñoz, M., Robinson, K., Shibli-Rahhal, A. (2020). Bone Health and Osteoporosis Prevention and Treatment. *Clin Obstet Gynecol.*, 63(4), 770–787. DOI: 10.1097/GRF.0000000000000572.

4. Segura-Egea, J.J., Cabanillas-Balsera, D., Martín-González, J., Cintra, L.T.A. (2023). Impact of systemic health on treatment outcomes in endodontics. *Int Endod J.*, 56, 2, 219–235. DOI: 10.1111/iej.13789.

5. Cruz, E.M.S., de Moraes, J.M.B., da Rosa, C.V.D. et al. (2020). Long-term sucrose solution consumption causes metabolic alterations and affects hepatic oxidative stress in Wistar rats. *Biology Open.*, 9, bio047282. DOI: 10.1242/bio.047282.

6. Oliveira, D.T.D., Fernandes, I.D.C., Sousa, G.G.D. et al. (2020). High-sugar diet leads to obesity and metabolic diseases in ad libitum-fed rats irrespective of caloric intake. *Arch. Endocrinol. Metab.*, 64, 71–81. DOI: 10.20945/2359-39970 00000199.

7. Lorincz, C., Reimer, R.A., Boyd, S.K., Zernicke, R.F. (2010). High-fat, sucrose diet impairs geometrical and mechanical properties of cortical bone in mice. *Br J Nutr.*, 103(9), 1302–8. DOI: 10.1017/S0007114509993084.

8. Ponyrko, A.O., Riabenko, T.V. (2019). Porivnialna kharakterystyka stanu kistkovoї tkanyny u shchuriv riznykh vikovykh hrup za umov indukovanoi hiperhlikemii [Comparative characteristics of bone tissue in rats of different age groups under conditions of induced hyperglycemia]. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu – Ukrainian Journal of medicine, biology and sports*, 4, 5(21), 67–71.

9. Haiko, H.V., Kalashnikov, A.V., Brusko, A.T. ta in. (2008). Vitamin D ta kistkova systema [Vitamin D and the bone system]. Kyiv: Knyha Plus [in Ukrainian].

10. Makarenko, O.A., Khromahina, L.M., Khodakov, I.V., Maikova, H.V., Mudryk, L.M., Kika, V.V., Mohilevska, T.V. (2022) Metody doslidzhennia stanu kyshechnyku ta kistok u laboratornykh shchuriv: Dovidnyk [Methods for studying the state of intestines and bones in laboratory rats: Directory]. Odesa: vydavets S.L. Nazarchuk.

11. Khodakov, I.V. (2004). Sposib vyznachennia shchilnosti kistok laboratornykh tvaryn [Method for determining the bone density of laboratory animals].

Dosiahnennia biologii ta medytsyny – Achievements in biology and medicine, 2(4), 38–41.

12. Vdoviaková, K., Petrovová, E., Maloveská, M., Krešáková, L., Teleky, J., Elias, M.Z., Petrášová, D. (2016). Surgical Anatomy of the Gastrointestinal Tract and Its Vasculature in the Laboratory Rat. *Gastroenterol Res Pract*, 2016, 2632368. DOI: 10.1155/2016/2632368.

13. Khodakov, I.V., Khromahina, L.M., Makarenko, O.A., Mudryk, L.M. (2023). Modyfikatsiia kazeino-sakharoznoi diiety M.S. Buhaiovoi ta S.A. Nikitina (1954) dlia modeliuvannia kariiesu zubiv u shchuriv [Modification of the casein-sucrose diet by M.S. Bugayova and S.A. Nikitin (1954) for modeling dental caries in rats]. *Visnyk stomatolohii – Stomatological Bulletin*, 47, 1(122), 71–76. DOI: 10.35220/2078-8916-2023-47-1.12.

14. Kozhemiakin, Yu.M., Khromov, O.S., Filonenko, M.A. Saidetdinova, H.A. (2002). Naukovo-praktychni rekomendatsii z utrymannia laboratornykh tvaryn ta robota z nymy [Scientific and practical recommendations for keeping laboratory animals and working with them]. Kyiv: Avitsena.

15. Reizvikh, O.E., Nikolaienko, I.V., Shnaider, S.A. (2025). Vplyv likuvalno-profilaktychnoho kompleksu na pryrist masy tila shchuriv za umov kariiesohennoi diiety ta alimentarnoho defitsytu vitaminu D na tli destruktzii kistkovoï tkanyny shchelep [Effect of the therapeutic and preventive complex on rat body weight gain under conditions of caries-causing diet and alimentary vitamin D deficiency against the background of destruction of jaw bone tissue]. *Visnyk stomatolohii – Stomatological Bulletin*, 3, 61–69. DOI: 10.35220/2078-8916-2025-56-3.10.