

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІЖ СТРУКТУРОЮ СТЕГНОВОЇ ТА ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТОК І ВМІСТОМ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТВАРИН ПРИ ДІАБЕТИЧНІЙ АРТРОПАТІЇ КОЛІННОГО СУГЛОБА

**Вступ.** У хворих на цукровий діабет нерідко ушкоджуються суглоби. Особливості змін структури стегнової та великогомілкової кісток і вміст у них макроелементів при діабетичній артропатії колінного суглоба вивчено недостатньо.

**Мета дослідження** – вивчити особливості взаємозв'язків між структурою стегнової та великогомілкової кісток і вмістом у них макроелементів у експериментальних тварин при діабетичній артропатії колінного суглоба.

**Методи дослідження.** Досліджено структуру і вміст макроелементів у стегновій та великогомілкової кістках 90 лабораторних статевозрілих білих щурів-самців, яких поділили на три групи: 1-ша – 30 інтактних практично здорових тварин; 2-га – 30 щурів з місячною діабетичною артропатією колінного суглоба; 3-тя – 30 тварин з двомісячною вказаною патологією. Цукровий діабет моделювали шляхом одноразового внутрішньочеревного введення стрептозотоцину фірми "Sigma" в дозі 50 мг/кг. Евтаназію щурів здійснювали кровопусканням за умов використання тіопенталового наркозу. Проводили лінійні вимірювання стегнової та великогомілкової кісток і визначали в них вміст макроелементів. Кількісні показники обробляли статистично.

**Результати й обговорення.** Встановлено, що при діабетичній артропатії колінного суглоба істотно погіршуються процеси росту, хондрогенезу, остеогенезу і мінералізації стегнової та великогомілкової кісток. При місячному діабетичному ушкодженні колінного суглоба вміст кальцію у стегновій кістці знизився на 7,2 %, фосфору – на 11,7 %, магнію – на 7,9 %, натрію – зріс на 5,4 %. При двомісячній артропатії наведені показники змінилися, відповідно, на 10,3, 16,0, 17,0 та 9,1 % ( $p < 0,001$ ). Більш виражений дисбаланс макроелементів виявлено при двомісячній артропатії колінного суглоба у великогомілковій кістці, що підтвердилось зменшенням відношення вмісту в ній фосфору та кальцію на 7,6 % ( $p < 0,001$ ).

**Висновки.** Експериментальна діабетична артропатія колінного суглоба характеризується порушенням росту, хондрогенезу та остеогенезу, нерівномірним, диспропорційним зниженням вмісту кальцію, фосфору, магнію і зростанням рівня натрію у стегновій та великогомілковій кістках. Найбільш виражений дисбаланс між вмістом досліджуваних макроелементів виявлено при двомісячній діабетичній артропатії колінного суглоба та у великогомілковій кістці, він впливає на порушення процесів хондрогенезу, мінералізації та остеогенезу.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** колінний суглоб; діабетична артропатія; стегнова та великогомілкова кістки; макроелементи.

ВСТУП. Відомо, що цукровий діабет є розповсюдженою патологією, має тенденцію до зростання, нерідко призводить до інвалідності та смертності населення і є важливою медичною та соціальною проблемою. За даними деяких авторів, в останні роки поширеність цього захворювання набуває епідемічного характеру. За останні роки досягнуто значних успіхів у розумінні патофізіології і молекулярної генетики цукрового діабету [1, 2].

© М. С. Гнатюк, Н. С. Вадзюк, Л. В. Татарчук, 2024.

Діабетичні артропатії у хворих на цукровий діабет є досить частим ускладненням. За даними деяких авторів, при цукровому діабеті 1 типу ушкодження суглобів виявляють у 58 % пацієнтів, а при цукровому діабеті 2 типу – у 28 % [1, 2]. Відомо, що при цукровому діабеті порушується вуглеводний, білковий, мінеральний обмін, а також виникають гормональні розлади, ангіо- і нейропатії, це може призвести до резорбції кісткової тканини, що пояснюють розладами остобластної та остеокластної активності [1, 2]. Цукровий діабет

бет ускладнюється вираженою глюкозотоксичністю, накопиченням в організмі кінцевих продуктів гліколізу, активацією оксидативного стресу, а також розвитком низькорівневого запалення на організменному рівні. Наведені фактори призводять до аномального ремоделювання суглобової, синовіальної, кісткової тканин, біохімічних змін і розвитку діабетосоціюваної артропатії [3, 4]. Кістки, що формують колінний суглоб, при його діабетичному ушкодженні та їх мінеральний склад залишаються маловивченими.

Мета дослідження – вивчити особливості взаємозв'язків між структурою стегнової та великогомілкової кісток і вмістом у них макроелементів у експериментальних тварин при діабетичній артропатії колінного суглоба.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Комплексом морфологічних методів і за допомогою атомно-абсорбційного спектрального аналізу досліджено стегнову та великогомілкову кістки 90 лабораторних статевозрілих білих щурів-самців, яких поділили на три групи: 1-ша – 30 інтактних практично здорових тварин; 2-га – 30 щурів з місячною діабетичною артропатією колінного суглоба; 3-тя – 30 тварин з двомісячною вказаною патологією. Цукровий діабет моделювали шляхом одноразового внутрішньочеревного введення стрептозотоцину фірми “Sigma” в дозі 50 мг/кг [5]. Евтаназію щурів здійснювали через 1 і 2 місяці кровопусканням за умов використання тіопенталового наркозу. Всі досліді проводили в першій половині дня в спеціально відведеному приміщенні при температурі 18–22 °С, вологості 50–60 % та освітленості 250 лк. Стегнову та великогомілкову кістки очищували від м'яких тканин, вимірювали довжину кістки (ДК), ширину проксимального (ШПЕ) і дистального (ШДЕ) епіфізів, ширину середини діафіза (ШСД), передньо-задній розмір діафіза (ПЗРД), за допомогою атомно-абсорбційного спектрального аналізу у вказаних кістках визначали вміст кальцію (Ca), фосфору (P), магнію (Mg), натрію (Na), відношення вмісту фосфору до вмісту кальцію (P/Ca) [6]. З колінного суглоба, стегнової та великогомілкової кісток виготовляли також гістологічні мікропрепарати [7].

Отримані кількісні показники обробляли статистично. Обробку одержаних результатів виконано у відділі системних статистичних досліджень Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України у програмному пакеті STATISTICA (“StatSoft Inc.”, США). Різницю між порівнюваними показниками визначали за критерієм Стьюдента [8].

Варто вказати, що експериментальні дослідження та евтаназію піддослідних тварин проводили з дотриманням Загальних етичних принципів експериментів на тваринах, ухвалених на Першому національному конгресі з біоетики (Київ, 2001), та відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей [9].

**РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ.** У ході досліджень встановлено, що через 1 місяць після введення стрептозотоцину білим щурам-самцям концентрація глюкози в їх крові зросла з  $(3,65 \pm 0,03)$  до  $(17,15 \pm 0,18)$  ммоль/л, тобто в 4,7 раза, а через 2 місяці – до  $(16,42 \pm 0,12)$  ммоль/л, тобто в 4,5 раза. Під час світлооптичних досліджень структур колінного суглоба виявлено дегенеративні їх зміни при місячній експериментальній гіперглікемії, які прогресували зі збільшенням тривалості перебігу цукрового діабету. Отримані результати проведених досліджень наведено в таблиці 1.

Усесторонній аналіз одержаних даних показав, що морфометричні параметри стегнової та великогомілкової кісток при діабетичній артропатії колінного суглоба виражено змінювалися. Так, довжина стегнової кістки при місячній діабетичній артропатії колінного суглоба статистично достовірно ( $p < 0,001$ ) зменшилася на 7,7 %, при двомісячній – на 9,8 % ( $p < 0,001$ ). Ширина проксимального епіфіза досліджуваної кістки за наведених умов експерименту змінилася, відповідно, на 4,2 і 5,6 % ( $p < 0,01$ ). Аналогічний кількісний морфологічний показник дистального епіфіза стегнової кістки при місячній діабетичній артропатії колінного суглоба знизився на 3,2 % ( $p < 0,05$ ), при двомісячній – на 6,3 % ( $p < 0,01$ ). Ширина діафіза названої кістки за досліджуваних експериментальних умов також зменшилася на 2,6 % ( $p < 0,05$ ) і 6,4 % ( $p < 0,01$ ), а передньо-задній розмір діафіза зменшився, відповідно, на 3,7 % ( $p < 0,01$ ) та 8,8 % ( $p < 0,001$ ).

Досліджувані кількісні морфологічні показники великогомілкової кістки за змодельованих умов експерименту змінювалися більшою мірою порівняно з наведеними вище морфометричними параметрами. Так, довжина великогомілкової кістки при місячній діабетичній артропатії з вираженою статистично достовірною різницею ( $p < 0,001$ ) зменшилася на 9,5 % порівняно з контрольними показниками, при двомісячному цукровому діабеті – на 12,1 % ( $p < 0,001$ ). Ширина проксимального епіфіза при цьому змінилася на 5,1 % ( $p < 0,01$ ) і 7,8 % ( $p < 0,001$ ), а дистального епіфіза – на 4,8 та 7,6 % відповідно ( $p < 0,001$ ).

Аналогічно змінювалися при змодельованій діабетичній артропатії колінного суглоба ширина середини діяфіза та передньо-задній розмір діяфіза великогомілкової кістки. Так, ширина середини діяфіза у 2-й групі спостереження зменшилася на 4,0 %, у 3-й – на 8,0 % ( $p < 0,001$ ), а передньо-задній розмір діяфіза великогомілкової кістки зменшився, відповідно, на 4,5 і 10,2 % ( $p < 0,001$ ).

Виявлені зміни морфометричних параметрів стегнової та великогомілкової кісток при діабетичній артропатії колінного суглоба свідчать про те, що ця патологія суттєво впливає на ріст і формування кісток. Більш виражені порушення у великогомілковій кістці, порівняно зі стегною, при змодельованій діабетичній артропатії можна пояснити тим, що перша виконує більші навантаження, ніж друга.

Вміст макроелементів у стегновій та великогомілковій кістках при експериментальній діабетичній артропатії колінного суглоба показано в таблиці 2.

Усесторонній аналіз наведених у таблиці 2 даних показав, що при змодельованому ураженні

колінного суглоба вони суттєво змінювалися. Так, при місячній діабетичній артропатії досліджуваного суглоба вміст кальцію у стегновій кістці з вираженою статистично достовірною різницею ( $p < 0,001$ ) зменшився на 7,2 %, при двомісячній – на 10,3 %, а вміст фосфору – на 11,7 і 16,0 % відповідно ( $p < 0,001$ ). Аналогічно змінився у вказаній кістці також вміст магнію. У контрольних спостереженнях цей показник становив  $(1,88 \pm 0,02)$  мг/г, при місячному діабетичному ураженні колінного суглоба –  $(1,73 \pm 0,02)$  мг/г, а при двомісячному –  $(1,56 \pm 0,02)$  мг/г. Встановлено, що у 2-й і 3-й групах спостережень вміст магнію у стегновій кістці статистично достовірно ( $p < 0,001$ ) зменшився, відповідно, на 7,9 та 17,0 %. Вміст натрію у стегновій кістці за умов змодельованого експерименту зростає. Так, при місячній діабетичній артропатії він статистично достовірно ( $p < 0,01$ ) збільшився на 5,4 %, при двомісячній – на 9,1 % ( $p < 0,001$ ).

Зміни вмісту макроелементів у великогомілковій кістці були більш вираженими порівняно з наведеними вище показниками. Так,

Таблиця 1 – Морфометричні параметри досліджуваних кісток в експериментальних тварин ( $M \pm m$ )

Показник	Група спостереження		
	1-ша	2-га	3-тя
Стегнова кістка			
ДК, мм	34,15±0,30	31,50±0,30***	30,80±0,21***
ШПЕ, мм	7,10±0,06	6,80±0,05**	6,70±0,04**
ШДЕ, мм	6,30±0,05	6,10±0,04*	5,90±0,03**
ШСД, мм	3,10±0,02	3,02±0,02*	2,90±0,02**
ПЗРД, мм	2,70±0,01	2,60±0,01	2,46±0,01
Великогомілкова кістка			
ДК, мм	34,70±0,30	31,40±0,30	30,50±0,18
ШПЕ, мм	6,40±0,05	6,07±0,05	5,90±0,03
ШДЕ, мм	3,95±0,02	3,76±0,02	3,65±0,02
ШСД, мм	2,50±0,01	2,40±0,01	2,30±0,01
ПЗРД, мм	2,45±0,01	2,34±0,01	2,20±0,01

Примітка. \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$  порівняно з 1-ю групою.

Таблиця 2 – Вміст макроелементів у досліджуваних кістках експериментальних тварин ( $M \pm m$ )

Показник	Група спостереження		
	1-ша	2-га	3-тя
Стегнова кістка			
Ca, мг/г	109,70±1,20	101,80±0,87**	98,35±0,81***
P, мг/г	83,92±0,72	74,10±0,63***	70,45±0,60***
Mg, мг/г	1,88±0,02	1,73±0,02***	1,56±0,02***
Na, мг/г	6,12±0,05	6,45±0,04**	6,68±0,05***
P/Ca	0,760±0,006	0,730±0,005**	0,710±0,005***
Великогомілкова кістка			
Ca, мг/г	109,80±1,20	97,88±0,87***	94,77±0,84***
P, мг/г	83,20±0,72	70,28±0,60***	66,54±0,60***
Mg, мг/г	1,90±0,02	1,66±0,02***	1,46±0,02***
Na, мг/г	6,10±0,04	6,50±0,05***	6,96±0,03***
P/Ca	0,760±0,006	0,720±0,005***	0,702±0,005***

Примітка. \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$  порівняно з 1-ю групою.

вміст кальцію в цій кістці при місячній діабетичній артропатії колінного суглоба з вираженим ступенем статистично достовірної різниці ( $p < 0,001$ ) зменшився на 10,8 %, при двомісячній – на 13,7 %, вміст фосфору – на 15,5 і 20,0 % відповідно, а вміст магнію – на 12,6 та 23,1 % ( $p < 0,001$ ). Вміст у досліджуваній кістці натрію при змодельованій експериментальній гіперглікемії зростає. Так, при місячній діабетичній артропатії колінного суглоба вміст вказаного хімічного елемента у великогомілкової кістці збільшився на 6,5 % ( $p < 0,01$ ), при двомісячній змодельованій артропатії – на 14,1 % ( $p < 0,001$ ).

Варто зазначити, що кальцій і фосфор є головними макроелементами кісткової тканини, які становлять основу її твердої речовини [6], а зміни вмісту цих базових хімічних середників призводять до порушень мінералізації кісток та остеогенезу [6]. Деякі дослідники для уточнення вказаних змін визначають відношення між вказаними макроелементами. Встановлено, що відношення між вмістом фосфору і кальцію у стегновій кістці при місячній діабетичній артропатії зменшилося на 3,9 % ( $p < 0,01$ ), при двомісячній – на 6,6 % ( $p < 0,001$ ), а у великогомілкової кістці вказані показники знизилися, відповідно, на 5,3 та 7,6 % ( $p < 0,001$ ).

Гістологічно в епіфізарному хрящі спостерігали нечіткість та згладженість між його зонами, виражені порушення впорядкованості стовпчастої структури, зменшення зони проліферативного хряща, появу осередків деструкції у ростковій пластинці. Структура кісткової тканини діафізів порушена, внутрішні стінки каналів не рівні з формуванням печероподібних утворів. Відмічено зменшення кількості остеобластів, зростання числа остеокластів, зони патологічного кісткоутворення, які характеризувалися збільшенням кількості атипових кісткових балок з порушеною гістологічною структурою, що визначалося за розростанням клітинно-волокни-

стої тканини у міжбалкових просторах. У кістковій тканині спостерігали порожнини резорбції, розсмоктування кісткових балок, осередки некрозів. У спонгіозному шарі нерідко з'являлися лакуни резорбції, фіброзна, остеодна та волокниста тканини. Виявлені морфологічні зміни домінували у великогомілкової кістці. Наведене, а також більш виражений дисбаланс між вмістом макроелементів у вказаній кістці при змодельованій артропатії можна пояснити дещо більшим навантаженням, яке припадає на неушкоджену великогомілкову кістку, а також при патологічних станах.

Отримані та проаналізовані дані морфології, морфометрії і макроелементного складу стегнової та великогомілкової кісток свідчать про те, що при діабетичній артропатії колінного суглоба виражено порушуються процеси хондрогенезу, остеогенезу і мінералізації досліджуваних кісток. Встановлено, що домінують виявлені процеси за умов двомісячної діабетичної артропатії колінного суглоба та у великогомілкової кістці.

**ВИСНОВКИ.** Експериментальна діабетична артропатія колінного суглоба характеризується порушенням росту, хондрогенезу та остеогенезу, нерівномірним, диспропорційним зниженням вмісту кальцію, фосфору, магнію і зростанням рівня натрію у стегновій та великогомілкової кістках. Найбільш виражений дисбаланс між вмістом досліджуваних макроелементів виявлено при двомісячній діабетичній артропатії колінного суглоба та у великогомілкової кістці, він впливає на порушення процесів хондрогенезу, мінералізації та остеогенезу.

**Перспективи подальших досліджень.** Комплексне всестороннє дослідження макроелементного складу і структури кісток, що формують колінний суглоб, дозволить при діабетичних його ушкодженнях суттєво покращити діагностику, корекцію та профілактику артропатій.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Орленко В. Л. Гормональні характеристики діабет-асоційованих остеоартритів / В.Л. Орленко // Вісн. проблем біології та медицини. – 2020. – Вип. 2 (159). – С. 138–143. DOI: 10.102954/2077-4214-2020-2-156-138-143.
2. Кризина О. В. Трофічні порушення тканин нижніх кінцівок при цукровому діабеті 2 типу / О. В. Кризина // Клініч. ендокринологія та ендокринна хірургія. – 2018. – № 1 (6). – С. 15–24. DOI: 10.1024026/1818-1384/1(61).2018.126901.

3. Berenbaum F. Diabetes induced osteoarthritis from a new paradigm to a new phenotype / F. Berenbaum // Ann. Rheum. Dis. – 2011. – 70 (8). – P. 1354–1356.
4. Tu M. The pathogenic role connective tissue growth factor in osteoarthritis / M. Tu, F. Qiao, L. Wong // Biosci. Rep. – 2019. – 39 (7). – P. 1374–1376.
5. Особливості антиоксидантного захисту в синовіальній оболонці колінного суглоба при діабетичній артропатії / М. С. Гнатюк, Н. Я. Монастирська, Л. В. Татарчук [та ін.] // Мед. та клініч. хімія. – 2023. – 25,

№ 1 (95). – С. 17–21. DOI : 10.11603mcch.2410-681X.2023i1.13712.

6. Зміни хімічного складу кісток щурів під впливом жовтого барвника тартразину / Г. В. Лук'янцева, В. О. Пастухова, О. Г. Ковальчук, Ю. Г. Дутчак // Світ медицини та біології. – 2019. – № 4 (70). – С. 203–208. DOI : 10.26724/2079-8334-2019-4-70-203-208.

7. Методики морфологічних досліджень / М. М. Баг-рій, В. А. Діброва, О. Г. Попадинець, І. М. Грищук. – Вінниця : Нова Книга, 2016. – 240 с.

8. Festing M. T. The design and statistical analysis of animal experiments introduction to this issue / M. Festing, T. Nevalainen // *Ilar J.* – 2014. – 55 (3). – P. 379–372.

9. Запорожан В. М. Біоетика та біобезпека / В. М. Запорожан, М. І. Аряев. – К. : Здоров'я, 2013. – 456 с.

#### REFERENCES

1. Orlenko, L. (2020). Hormonal characteristics of diabetes-associated osteoarthritis. *Bulletin of Problems Biology and Medicine*, 2 (159). DOI: 10.102954/2077-4214-2020-2-156-138-143 [in Ukrainian].

2. Kryzyna, O.V. (2018). Trophic disorders of the tissues of the lower extremities in type 2 diabetes. *Clinical Endocrinology and Endocrine Surgery*, 1 (6). DOI: 10.1024026/1818-1384/1(61).2018.126901.

3. Berenbaum, F. (2011). Diabetes induced osteoarthritis from a new paradigm to a new phenotype. *Ann. Rheum. Dis.*, 70 (8).

4. Tu M., Qiao F., Wong L. (2019). The pathogenic role connective tissue growth factor in osteoarthritis. *Biosci. Rep.*, 39 (7).

5. Hnatyuk, M.S., Monastyrskaya, N.Ya., Tatarchuk, L.V. (2023). Peculiarities of antioxidant protection in the sy-

novial membrane of the knee joint in diabetic arthropathy. *Medical and Clinical Chemistry*, 25 (1). DOI: 10.11603mcch.2410-681X.2023i1.13712 [in Ukrainian]

6. Lukyantseva, H.V., Pastukhova, V.A., Kovalchuk, O.H., Dutchak, U.M. (2019). Changes in the chemical composition of rat bones under the influence of tartrazine yellow. *World of Medicine and Biology*, 4 (70). DOI: 10.26724/2079-8334-2019-4-70-203-208 [in Ukrainian].

7. Bahrii, M.M., Dibrova, V.A., Popadynets, O.H., Hryshchuk, M.I. (2016). *Methods of morphological research*. Vinnytsia: Nova knyha [in Ukrainian].

8. Festing, M., Nevalainen, T. (2014) The design and statistical analysis of animal experiments introduction to this issue. *Ilar J.*, 55(3).

9. Zaporozhyan, V.M., Aryaev, M.L (2013). *Bioethics and biosafety*. Kyiv: Zdorovia [in Ukrainian].

Отримано 26.01.2024

Адреса для листування: М. С. Гнатюк, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, майдан Воли, 1, Тернопіль, 46001, Україна, e-mail: hnatjuk@tdmu.edu.ua.

M. S. Hnatjuk, N. S. Vadzук, L. V. Tatarchuk  
I. HORBACHEVSKY TERNOPIL NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY

## RELATIONSHIPS BETWEEN THE STRUCTURE OF THE FEMUR AND TIBIA AND THE CONTENT OF MACROELEMENTS IN EXPERIMENTAL ANIMALS WITH DIABETIC KNEE ARTHROPATHY

### Summary

**Introduction.** Joint damage is common in patients with diabetes. The peculiarities of changes in the structure of the femoral and tibial bones and the content of macroelements in them in diabetic arthropathy of the knee joint have not been studied enough.

**The aim of the study** – to investigate the peculiarities of the relationship between the structure of the femur and tibia and the content of macroelements in them in experimental animals with diabetic arthropathy of the knee joint.

**Research Methods.** The structure and content of macroelements in the femur and tibia bones of 90 laboratory sexually mature white male rats, which were divided into 3 groups, were studied. Group 1 consisted of 30 intact animals, group 2 – 30 rats with one-month diabetic arthropathy of the knee joint, group 3 – 30 animals with the two-month-old specified pathology. Diabetes mellitus was modeled by a single intraperitoneal injection of streptozotocin

from the company "Sigma" in a dose 50 mg/kg. Rats were euthanized by bloodletting under thiopental anesthesia. Linear measurements of the femur and tibia were carried out and the content of macroelements was determined in them. Quantitative indicators were processed statistically.

**Results and Discussion.** It has been established that the processes of growth, chondrogenesis, osteogenesis, and mineralization of the femur and tibia are significantly impaired in case of diabetic arthropathy of the knee joint. With one-month diabetic damage to the knee joint, the content of calcium in the femur decreased by 7.2 %, phosphorus – by 11.7 %, magnesium – by 7.9 %, sodium – increased by 5.4 %. With two-month arthropathy, these indicators changed by 10.3 %, 16.0 %, 17.0 % and 9.1 % ( $p < 0.001$ ). A more pronounced dysbalance of trace elements was detected in two-month arthropathy of the knee joint in the tibia, which was confirmed by a decrease in the ratio of phosphorus and calcium content in it by 7.6 % ( $p < 0.001$ ).

**Conclusions.** Experimental diabetic arthropathy of the knee joint is characterized by impaired growth, chondrogenesis and osteogenesis, an uneven, disproportionate decrease in the content of calcium, phosphorus, magnesium and an increase in sodium in the femur and tibia. The most pronounced dysbalance between the content of the investigated macroelements was found in two-month diabetic arthropathy of the knee joint and in the tibia, which affects the disruption of the processes of chondrogenesis, mineralization and osteogenesis.

KEY WORDS: knee joint; diabetic arthropathy; femur; tibia; macroelements.