

**CHANGES IN THE MINERAL COMPOSITION OF THE PATELLA  
IN DIABETIC KNEE ARTHROPATHY**

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine  
(Ternopil, Ukraine)

hnatjuk@tdmu.edu.ua

*It is known that joints are often damaged with hyperglycemia; that is, the latter is complicated by diabetic arthropathies, in which the mineral content in the bones of the joint changes, which often leads to their damage. The study aimed to study the mineral composition of the patella in experimental diabetic arthropathy of the knee joint. With the help of atomic absorption spectral analysis, the content of macro- and microelements of the patella with diabetic arthropathy of the knee joint of 90 laboratory sexually mature white male rats, which were divided into three groups, were investigated. The 1st group included 30 intact animals, the 2nd – 30 rats with one-month diabetic arthropathy of the knee joint, and the 3rd – 30 experimental animals with the two-month indicated pathology. Diabetes mellitus was induced by a single intraperitoneal injection of streptozotocin from the company "Sigma" at 50 mg/kg. One month and two months after the start of the experiment, rats were euthanized by bloodletting under thiopental anesthesia. Quantitative indicators were processed statistically. It was established that experimental hyperglycemia led to damage to the structures of the knee joint, in which the content of calcium, phosphorus, and magnesium in the patella decreased unevenly and disproportionately, and the concentration of sodium increased. It was established that with diabetic arthropathy of the knee joint, the content of iron, copper, zinc, manganese, and lead in the bone tissue of the patella decreases disproportionately and unevenly. Diabetic arthropathy of the knee joint leads to an uneven, disproportionate decrease in the content of macro- and microelements in the patella, accompanied by a violation of mineralization and osteogenesis. The most pronounced imbalance was found between the content of macroelements in two-month diabetic arthropathy of the knee joint.*

**Key words:** knee joint, diabetic arthropathy, patella, macro- and microelements.

**Connection of the publication with planned research works.**

The work is a fragment of the research work of the I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine "Structural and functional regularities of the course of adaptation and compensatory processes in organs and systems during surgical interventions on organs of the abdominal and thoracic cavities under the influence of toxic endogenous and exogenous factors," (state registration number 0122U000031).

**Introduction.**

Today, diabetes is a significant medical and social problem due to its widespread, increasing trend and complications that often lead to the disability and mortality of patients. Joint damage in patients with hyperglycemia is not uncommon in the clinic. According to some researchers, more than 50% of patients with type 1 and type 2 diabetes are diagnosed with arthropathy, that is diabetes-associated osteoarthritis [1, 2]. With hyperglycemia, carbohydrate, protein, and mineral exchanges are disturbed, hormonal disorders, angio- and neuropathy, and changes in rheology and hemodynamics occur, complicated by bone tissue resorption due to an imbalance of osteoblastic and osteoclast activity [3, 4, 5]. The patella is the largest sesamoid bone of the human body, which participates in the formation of the knee joint and is poorly studied when it is damaged [6].

**The aim of the study.**

Determination of the mineral composition of the patella in experimental diabetic arthropathy of the knee joint.

**Object and research methods.**

The content of macro- and microelements in the patella was studied by atomic absorption spectral analysis

[7]. There were 90 laboratory sexually mature white male rats divided into three groups. The 1st group included 30 intact, practically healthy animals, the 2nd – 30 rats with one-month diabetic arthropathy of the knee joint, and the 3rd – 30 animals with the two-month specified pathology. Hyperglycemia was modeled by a single intraperitoneal injection of streptozotocin from Sigma at 50 mg/kg [8]. Animals were euthanized after one and two months by bloodletting under thiopental-sodium anesthesia. The patella was cleaned of soft tissues, and the content of macroelements: calcium, phosphorus, magnesium, and sodium, the ratio of the content of calcium to phosphorus and microelements: iron, copper, zinc, manganese, and lead were determined by atomic absorption spectral analysis in the specified bone. Histological micropreparations were also made from the patella and knee joint [9]. The obtained quantitative indicators were processed statistically. The obtained results were processed in the department of systematic statistical research of I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine in the software package STATISTICA (Stat.Soft. Inc, USA). The Student and Mann-Whitney criteria determined the difference between comparative indicators [10, 11]. When performing the work, the main provisions of GLP (1981), the rules for conducting work using experimental animals (1977), the Council of Europe Convention on the Protection of Vertebrate Animals Used in Experiments and Other Scientific Purposes of March 18, 1986, Directives were observed EU № 609 dated November 24, 1986, and Order of the Ministry of Health of Ukraine № 281 dated November 1, 2000, the Law of Ukraine "On the Protection of Animals from Cruelty Treatment" dated March 14, 2006, the Code of Ethics of a Scientist of Ukraine (2009) [12].

**Research results and their discussion.**

It was established that a month after streptozotocin injection, the glucose concentration in experimental animals' blood increased from (3.65±0.03) mmol/l to (17.15±0.18) mmol/l, i.e., 4.7 times, compared to the control. After two months, this indicator increased 4.5 times and reached (16.42±0.12) mmol/l. Optically, during experimental hyperglycemia, degenerative changes in its structures were detected in the knee joint of rats already a month after the start of the experiment, which progressed depending on the duration of diabetes.

The obtained data on the content of macro- and microelements in the patella with simulated pathology are shown in the **table**. A comprehensive analysis of the indicators in the named **table** established that they were changing. Thus, the calcium content in the patella decreased statistically significantly (p<0.01) by 7.0% in experimental one-month diabetes and by 11.2% (p<0.001) in two-month diabetes, and phosphorus, respectively, by 12.3 % and 17.5% (p<0.001).

It is worth noting that the uneven, disproportionate decrease in calcium and phosphorus in the examined bone led to changes in the Ca/P ratio. In conditions of one-month hyperglycemia, this indicator was increased

**Table – Content of macroelements and microelements in the patella of experimental animals (M±m)**

Indicator	Observation group		
	1	2	3
Macroelements			
Ca, mg/g	105,5±1,2	98,1±1,2**	93,70,93***
P, mg/g	81,10±0,81	71,08±0,63***	66,90±0,60***
Ca/P	1,30±0,02	1,38±0,02**	1,40±0,02**
Mg, mg/g	1,92±0,02	1,76±0,02***	1,62±0,02***
Na, mg/g	6,10±0,05	6,55±0,04**	6,73±0,06***
Microelements			
Fe, µg/g	62,70±0,42	60,30±0,39**	57,90±0,36***
Cu, µg/g	2,38±0,03	2,26±0,03*	2,16±0,03**
Zn, mg/g	3,30±0,03	3,12±0,02**	2,96±0,02***
Mn, µg/g	1,92±0,02	1,80±0,02**	1,72±0,02***
Pb, µg/g	0,89±0,01	0,83±0,01**	0,78±0,01***

Notes: \*-p<0.05; \*\*-p<0.01, \*\*\*-p<0.001 compared to the 1st group.

by 6.1%, and in two-month hyperglycemia – by 7.7% (p<0.01). It is known that the basis of solid bone tissue consists of calcium and phosphorus, which are the main macroelements [7]. Changes in the content of the indicated primary chemical agents and the relationship between them lead to violations of bone mineralization and osteogenesis [3, 7].

The content of magnesium in the patella during one-month hyperglycemia was found to be with a statistically significant difference (p<0.001) reduced by 8.3%, with two-month hyperglycemia by 15.6% (p<0.001), and sodium concentration increased by 7.4% and 10.3% (p<0.001).

It is known that magnesium is one of the common macroelements in the human body, a third of magnesium is localized in the bones and serves as a depot [7]. A decrease in the amount of magnesium in bone tissue is accompanied by hypocalcemia, slowing bone growth, acceleration of resorption processes, decrease in bone mass, and osteoporosis [7].

The conducted studies established that the content of microelements in the patella also changed markedly with diabetic arthropathy. Thus, the concentration of iron in the specified bone during one-month experimental hyperglycemia decreased from (62.70±0.42) µg/g to (60.30±0.39) µg/g, that is, by 3.8% (p<0,01), at a two-month age – by 7.65% (p<0.001), and the copper content – by 5.0% (p<0.05) and 9.2% (p<0.01), respectively.

It should be noted that iron is not a structural element of bone tissue, but it plays an essential role in the processes of osteogenesis, and its reduction in the bone can lead to bone porosity and deterioration of its biomechanical properties [7].

It is known that copper in bone tissue is a catalyst for several enzyme systems in osteogenic cells and promotes their differentiation. The role of copper in the energy transport mechanism between apatite and collagen is also essential. This chemical agent takes part in the processes of collagen and elastin synthesis and prevents the processes of bone demineralization [7].

The concentration of zinc in the patella with one-month diabetic arthropathy decreased statistically significantly by 5.4% (p<0.01), with two-month – by 10.3% (p<0.001). Similarly, the manganese content in the examined bone decreased with the simulated experimental pathology. Thus, the concentration of manganese in the patella during monthly experimental hyperglycemia decreased from (1.92±0.02) µg/g to (1.80±0.02) µg/g. The given digital values were statistically significantly (p<0.01) different from each other, and the last indicator was lower than the previous one by 6.2%, with two-month diabetes – by 10.4% (p<0.001), and the lead content, respectively, by 6.7% (p<0.01) and 12.3% (p<0.001).

It is known that a deficiency of manganese in the body can lead to chondrodystrophies, deformation of tubular bones, and joint pathology. Lead is a toxic element, and its increase harms bone regeneration. At the same time, it is vital for the body. A deficiency of this trace element disrupts hematopoiesis and body growth and lowers the iron level in the blood.

The performed experiments and the obtained data indicate that diabetic arthropathy of the knee joint significantly changes the content of macro- and microelements in the patella. It is worth noting that the content of the main macroelements (calcium and phosphorus) in the studied bone decreases unevenly and disproportionately, significantly disrupting the balance between them, which was adequately confirmed by changes in the ratios between the content of the specified chemicals. The content of the investigated macro- and microelements in the knee pad was most markedly changed in two-month diabetic arthropathy of the knee joint. It should be noted that the sodium content in the studied bones increased under the conditions of the experiment, significantly disturbing the imbalance between bone macroelements. Changes in the content of microelements in the patella with simulated pathology were more pronounced than microelements. Disproportionate changes of macro- and microelements in the patella during experimental hyperglycemia are found to indicate heterogeneity and disruption of the mechanisms of osteogenesis and mineralization processes in the examined bone, which can lead to chondropathy and loss of its functional fullness [6, 7]

Histologically, swelling, dystrophic and necrobiotic processes in the knee cartilage were noted. Resorption cavities and mosaic-colored areas with a pronounced destructive process were observed in the examined bone.

**Conclusions.**

Diabetic arthropathy of the knee joint leads to an even, disproportionate decrease in the patella's content of macro- and microelements. The most pronounced

imbalance was found in the studied bone between the content of macroelements in two-month diabetic arthropathy of the knee joint.

**Prospects for further research.**

A comprehensive study of the mineral composition of the bones of the knee joint in diabetic arthropathies will significantly improve their diagnosis, correction, and prevention.

DOI 10.29254/2077-4214-2022-4-167-285-290

УДК 611.724-018.4-02:616.153.455.01] – 092.9

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

Монастирська Н. Я., Коноваленко С. О., Ясіновський О. Б.

**ЗМІНИ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ НАДКОЛІННИКА  
ПРИ ДІАБЕТИЧНІЙ АРТРОПАТІЇ КОЛІННОГО СУГЛОБА**

Тернопільський національний медичний університет  
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України (м. Тернопіль, Україна)

[hnatjuk@tdmu.edu.ua](mailto:hnatjuk@tdmu.edu.ua)

*Відомо, що суглоби нерідко пошкоджуються при гіперглікемії, тобто остання ускладнюється діабетичними артропатіями, при яких змінюється вміст мінералів у кістках суглоба, що нерідко призводить до їх ушкодження. Метою дослідження було вивчення мінерального складу надколінника при експериментальній діабетичній артропатії колінного суглоба. За допомогою атомно-абсорбційного спектрального аналізу досліджено вміст макро- та мікроелементів надколінника при діабетичній артропатії колінного суглоба 90 лабораторних статевозрілих білих щурів-самців, які були розділені на 3-и групи. 1-а група включала 30 інтактних тварин, 2-а – 30 щурів з місячною діабетичною артропатією колінного суглоба, 3-я – 30 експериментальних тварин з двомісячною вказаною патологією. Цукровий діабет спричинювали одноразовим внутрішньоочеревинним введенням стрептозотоцину фірми «Sigma» у дозі 50 мг/кг. Через місяць та два місяці від початку експерименту виконували евтаназію щурів кровопусканням в умовах тіопенталового наркозу. Кількісні показники обробляли статистично. Встановлено, що експериментальна гіперглікемія призводила до ураження структур колінного суглоба, при якому нерівномірно та диспропорційно у надколіннику зменшувався вміст кальцію, фосфору, магнію, збільшувалася концентрація натрію. Встановлено, що при діабетичній артропатії колінного суглоба диспропорційно та нерівномірно зменшується вміст заліза, міді, цинку, марганцю, свинцю у кістковій тканині надколінника. Діабетична артропатія колінного суглоба призводить до нерівномірного, диспропорційного зниження вмісту макро- та мікроелементів у надколіннику, що супроводжується порушенням мінералізації та остеогенезу. Найвираженіший дисбаланс виявлений між вмістом макроелементів при двохмісячній діабетичній артропатії колінного суглоба.*

**Ключові слова:** колінний суглоб, діабетична артропатія, надколінник, макро- і мікроелементи.

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.**

Робота є фрагментом науково-дослідної роботи Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України «Структурно-функціональні закономірності перебігу адаптаційно-компенсаторних процесів в органах та системах при оперативних втручаннях на органах черевної та грудної порожнин в умовах дії токсичних ендогенних та екзогенних факторів» (№ державної реєстрації 0122U000031).

**Вступ.**

Сьогодні цукровий діабет є важливою медичною та соціальною проблемою, у зв'язку з широкою розповсюдженістю, тенденцією до зростання та ускладненнями, які часто призводять до інвалідності та летальності хворих. Пошкодження суглобів у пацієнтів з гіперглікемією нерідко зустрічається у клініці. Згідно даних деяких дослідників, більше ніж у 50% хворих на цукровий діабет 1 та 2 типу діагностують

артропатію, тобто діабет-асоційований остеоартрит [1, 2]. При гіперглікемії порушуються вуглеводний, білковий, мінеральний обміни, виникають гормональні розлади, ангіо- і нейропатії, зміни реології і гемодинаміки, що ускладнюється резорбцією кісткової тканини внаслідок дисбалансу остеоластної і остеокластної активності [3, 4, 5]. Надколінник найбільша сесамоподібна кісточка людського організму, що бере участь в утворенні колінного суглоба і при його ушкодженнях є маловивченою [6].

**Мета дослідження.**

Визначення мінерального складу надколінника при експериментальній діабетичній артропатії колінного суглоба.

**Об'єкт і методи дослідження.**

Досліджено вміст макро- та мікроелементів у надколіннику атомно-абсорбційним спектральним аналізом [7]. 90 лабораторних статевозрілих білих щурів-самців, які були розділені на 3 групи. В 1-у групу входило 30 інтактних практично здорових тварин, 2-у

– 30 щурів з місячною діабетичною артропатією колінного суглоба, 3-ю – 30 тварин з двомісячною вказаною патологією. Гіперглікемію моделювали шляхом одноразового внутрішньоочеревинного введення стрептозотозину фірми «Sigma» у дозі 50 мг/кг [8]. Евтаназію тварин здійснювали через місяць та два місяці кровопусканням в умовах тіопентал-натрієвого наркозу. Надколінник очищали від м'яких

**Таблиця – Вміст макроелементів і мікроелементів у надколіннику експериментальних тварин (M±m)**

Показник	Група спостереження		
	1-а	2-а	3-я
Макроелементи			
Ca, мг/г	105,5±1,2	98,1±1,2**	93,70,93***
P, мг/г	81,10±0,81	71,08±0,63***	66,90±0,60***
Ca/P	1,30±0,02	1,38±0,02**	1,40±0,02**
Mg, мг/г	1,92±0,02	1,76±0,02***	1,62±0,02***
Na, мг/г	6,10±0,05	6,55±0,04**	6,73±0,06***
Мікроелементи			
Fe, мкг/г	62,70±0,42	60,30±0,39**	57,90±0,36***
Cu, мкг/г	2,38±0,03	2,26±0,03*	2,16±0,03**
Zn, мг/г	3,30±0,03	3,12±0,02**	2,96±0,02***
Mn, мкг/г	1,92±0,02	1,80±0,02**	1,72±0,02***
Pb, мкг/г	0,89±0,01	0,83±0,01**	0,78±0,01***

Примітки: \*-p<0,05; \*\*-p<0,01; \*\*\*-p<0,001 порівняно з 1-ю групою.

тканин і атомно-абсорбційним спектральним аналізом у вказаній кістці визначали вміст макроелементів: кальцію, фосфору, магнію, натрію, відношення вмісту кальцію до фосфору та мікроелементів: заліза, міді, цинку, марганцю, свинцю. Із надколінника та колінного суглобу виготовляли також гістологічні мікропрепарати [9]. Отримані кількісні показники обробляли статистично. Обробку отриманих результатів виконано у відділі системних статистичних досліджень Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України у програмному пакеті STATISTIKA (Stat.Soft. Inc, США). Різницю між порівнювальними показниками визначали за критеріями Стьюдента та Манна-Уїтні [10, 11]. При виконанні роботи дотримані основні положення GLP (1981 р.), правила проведення робіт з використанням експериментальних тварин (1977 р.), Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, що використовують в експериментах та інших наукових цілях від 18.03.1986 р., Директиви ЄЕС №609 від 24.11.1986 р. і наказу МОЗ України №281 від 01.11.2000 р., Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 14.03.2006 р., етичного кодексу ученого України (2009 р.) [12].

**Результати дослідження та їх обговорення.**

Встановлено, що через місяць після ін'єкції стрептозотозину концентрація глюкози в крові експериментальних тварин зросла з (3,65±0,03) ммоль/л до (17,15±0,18) ммоль/л, тобто у 4,7 рази, порівняно з контролем, а через 2 місяці даний показник збільшився у 4,5 рази і досягав (16,42±0,12) ммоль/л. Світлооптично при експериментальній гіперглікемії у колінному суглобі щурів виявлено дегенеративні зміни його структур вже через місяць від початку експери-

менту, які прогресували в залежності від тривалості цукрового діабету.

Отримані дані про вміст макро- та мікроелементів у надколіннику при змодельованій патології показані у **таблиці**. Всестороннім аналізом наведених у названій **таблиці** показників встановлено, що вони змінювалися. Так, вміст кальцію у надколіннику при експериментальному місячному цукровому діабеті статистично достовірно (p<0,01) зменшився на 7,0%, а при двомісячному – на 11,2% (p<0,001), а фосфору відповідно – на 12,3% та 17,5% (p<0,001).

Варто зазначити, що нерівномірне, диспропорційне зниження в досліджуваній кістці кальцію і фосфору призводило до змін відношення Ca/P. В умовах місячної гіперглікемії вказаний показник виявився збільшеним на 6,1%, а при двомісячній – на 7,7% (p<0,01). Відомо, що основу твердої речовини кісткової тканини складають кальцій та фосфор і вони є основними макроелементами [7]. Зміни вмісту вказаних базових хімічних середників та відношень між ними призводить до порушень мінералізації кістки та остеогенезу [3, 7].

Вміст магнію у надколіннику при місячній гіперглікемії виявився з вираженою статистично достовірною різницею (p<0,001) зменшеним на 8,3%, при двомісячній – на 15,6% (p<0,001), а концентрація натрію відповідно збільшеною на 7,4% та 10,3% (p<0,001).

Відомо, що магній – один з поширених макроелементів у людському організмі, третина магнію локалізована в кістках і виконує функцію депо [7]. Зменшення кількості магнію в кістковій тканині супроводжується гіпокальцемією, сповільненням росту кісток, пришвидшенням процесів резорбції, зменшенням маси кісток, остеопорозом [7].

Проведеними дослідженнями встановлено, що при діабетичній артропатії вміст мікроелементів у надколіннику також виражено змінювався. Так, концентрація заліза у вказаній кістці при місячній експериментальній гіперглікемії зменшилася з (62,70±0,42) мкг/г до (60,30±0,39) мкг/г, тобто на 3,8% (p<0,01), при двомісячній – на 7,65% (p<0,001), а вміст міді відповідно – на 5,0% (p<0,05) та 9,2% (p<0,01).

Варто вказати, що залізо не є структурним елементом кісткової тканини, проте відіграє важливу роль у процесах остеогенезу і зменшення його у кістці може призводити до пористості кістки та погіршення її біомеханічних властивостей [7].

Відомо, що мідь у кістковій тканині відіграє функцію каталізатора ряду ферментних систем в остеогенних клітинах і сприяє їх диференціації. Важлива також роль міді у енергетичному транспортному механізмі між апатитом і колагеном. Даний хімічний середник приймає участь у процесах синтезу колагену й еластину і перешкоджає процесам демінералізації кістки [7].

Концентрація цинку в надколіннику при місячній діабетичній артропатії статистично достовірно знизилася на 5,4% (p<0,01), при двомісячній – на 10,3% (p<0,001). Аналогічно при змодельованій експериментальній патології зменшувався вміст марганцю в досліджуваній кістці. Так, концентрація марганцю в надколіннику при місячній експериментальній гіперглікемії зменшилася з (1,92±0,02) мкг/г до

(1.80±0,02) мкг/г. Наведені цифрові величини статистично достовірно ( $p < 0,01$ ) відрізнялися між собою і останній показник виявився меншим за попередній на 6,2%, при двомісячному цукровому діабеті – на 10,4% ( $p < 0,001$ ), а вміст свинцю відповідно – на 6,7% ( $p < 0,01$ ) та 12,3% ( $p < 0,001$ ).

Відомо, що дефіцит марганцю в організмі може призводити до хондродистрофій, деформації трубчастих кісток, патології суглобів. Свинець відноситься до токсичних елементів, його збільшення негативно впливає на регенерацію кісток. В той же час він є життєво необхідним для організму. Дефіцит цього мікроелемента порушує гемопоез, ріст організму, знижує рівень заліза в крові.

Виконані експерименти та отримані дані свідчать, що діабетична артропатія колінного суглоба суттєво змінює вміст макро- та мікроелементів у надколіннику. Варто зазначити, що вміст основних макроелементів (кальцію і фосфору) у досліджуваній кістці знижується нерівномірно та диспропорційно, суттєво порушуючи баланс між ними, що адекватно підтверджувалося змінами відношень між вмістом вказаних хімічних речовин. Найбільш виражено вміст досліджуваних макро-та мікроелементів у надколіннику виявився зміненим при двохмісячній діабетичній артропатії колінного суглоба. Необхідно зазначити, що вміст натрію в умовах досліджуваного експерименту в досліджуваних кістках зростає, ви-

ражено порушуючи дисбаланс між кістковими макроелементами. Зміни вмісту мікроелементів у надколіннику при змодельованій патології виявилися вираженішими порівняно з мікроелементами. Виявлені диспропорційні зміни макро- та мікроелементів у надколіннику при експериментальній гіперглікемії свідчать про неоднорідність та порушення механізмів перебігу процесів остеогенезу та мінералізації у досліджуваній кістці, що можуть призводити до хондропатії та втрати його функціональної повноцінності [6, 7]

Гістологічно відмічалися набряк, дистрофічні та некробіотичні процеси у хрящі надколінника. У досліджуваній кістці спостерігалися порожнини резорбції, мозаїчно забарвлені ділянки з вираженим деструктивним процесом.

#### Висновки.

Діабетична артропатія колінного суглоба призводить до нерівномірного, диспропорційного зниження вмісту макро- та мікроелементів у надколіннику. Найвираженіший дисбаланс виявлений у досліджуваній кістці між вмістом макроелементів при двохмісячній діабетичній артропатії колінного суглоба.

#### Перспективи подальших досліджень.

Всестороннє комплексне вивчення особливостей мінерального складу кісток колінного суглоба при діабетичних артропатіях дозволить суттєво покращити їх діагностику, корекцію та профілактику.

### References / Література

1. Kryzyna OV. Trofichni porushennia tkanyh nyzhnikh kintsivok pry tsukrovomu diabeti 2 typu. Klinichna endokrynolohiya ta endokrynna khirurhiya. 2018;1(6):15-24. [in Ukrainian].
2. Orlenko VL. Hormonalni kharakterystyky diabet-asotsiovanykh osteoartrytiv. Visnyk problem biolohiyi ta medytsyny. 2020;2(159):138-143. [in Ukrainian].
3. Tu M, Qiao F, Wong L. The pathogenic role connective tissue growth factor in osteoarthritis. Biosci Rep. 2019;39(7):1374-1376.
4. Punthakee Z, Goldenberg R, Katz P. Definition, classification and diagnosis of diabetes, prediabetes and metabolic syndrome. Canadian Journal of Diabetes. 2018;42(1):10-15.
5. Inaba M. Musculoskeletal disease associated with diabetes mellitus. Springer Japan; 2016. 296 p.
6. Holyaka SK, Voznyy SS, Napoyeva LS, Hlukhova HH. Funktsional'na anatomiya oporno-rukhovaloho aparatu z osnovamy dynamichnoyi morfolohiyi. Kherson: FOP Vyshemir's'kyi; 2021. 88 s. [in Ukrainian].
7. Luk'yantseva GV. Osobennosti khimicheskogo sostava kostey belykh krysv posle dvukhmesyachnogo upotrebleniya natriya benzola i vozmozhnosti yego korrektsii. Ukraïns'kiy morfolohichnyi almanah. 2014;4(12):61-66.
8. Hnatiuk MS, Rubas LV. Morphometric evaluation of features of remodeling of chondrocytes of joint surfaces of temporomandibular joint of experimental animals in hyperglycemia. Journal of Education, Health and Sport. 2021;11(6):137-142.
9. Bahrii MM, Dibrova VA, Popadynets OH, Hryshchuk MI. Metodyky morfolohichnykh doslidzhen. Vinnytsia: Nova knyha; 2016. 328 s. [in Ukrainian].
10. Avtandylov GG. Osnovy kolychestvennoy patolohycheskoy anatomii. Moskva: Medytsyna; 2002. 240 s.
11. Gzhibovskiy AI, Ivanov OI, Gorbatova MA. Sravneniye kolychestvennykh dannykh dvukh parnykh vyborok s ispol'zovaniem programmynogo obespecheniya Statistika i SPSS: parametricheskoye i neparametricheskoye kriterii. Nauka i zdoravookhraneniye. 2016;3:5-25.
12. Zaporozhan VM, Ariaiev ML. Bioetyka i biobezpeka. Kyiv: Zdorovia; 2013. 456 s. [in Ukrainian].

#### ЗМІНИ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ НАДКОЛІННИКА ПРИ ДІАБЕТИЧНІЙ АРТРОПАТІЇ КОЛІННОГО СУГЛОБА

Гнатюк М. С., Вадзюк Н. С., Татарчук Л. В., Монастирська Н. Я., Коноваленко С. О., Ясіновський О. Б.

**Резюме.** Діабетичні артропатії нерідко зустрічаються у клінічній практиці. При діабетичних ураженнях суглобів змінюється вміст мінералів у кістках суглоба, що призводить до їх ушкодження.

**Мета дослідження** – визначення мінерального складу надколінника при експериментальній діабетичній артропатії колінного суглоба.

**Об'єкт і методи дослідження.** Атомно-абсорбційним спектральним аналізом досліджено вміст макро- та мікроелементів надколінника при діабетичній артропатії колінного суглоба 90 лабораторних статевозрілих білих щурів-самців, які були розділені на 3-и групи. 1-а група включала 30 інтактних тварин, 2-а – 30 щурів з місячною діабетичною артропатією колінного суглоба, 3-я – 30 експериментальних тварин з двомісячною вказаною патологією. Цукровий діабет спричинювали одноразовим внутрішньоочеревинним введенням стрептозотцину фірми «Sigma» у дозі 50 мг/кг. Через місяць та два місяці від початку експерименту виконували евтаназію щурів кровопусканням в умовах тіопенталового наркозу. Кількісні показники обробляти статистично.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Встановлено, що експериментальна гіперглікемія супроводжувалася ураженням структур колінного суглоба. При діабетичній артропатії досліджуваного суглоба у надколіннику нерівномірно зменшувалася вміст кальцію, фосфору, магнію, збільшувалася концентрація натрію.

Зниження концентрації основних макроелементів призводило до порушення відношення Ca/P, яке при місячній гіперглікемії збільшилося на 6,1%, при двомісячній – на 7,7% ( $p < 0,01$ ). Встановлено, що при діабетичній артропатії колінного суглоба у кістковій тканині надколінника диспропорційно та нерівномірно зменшується вміст мікроелементів: заліза, міді, цинку, марганцю, свинцю. Діабетична артропатія колінного суглоба призводить до нерівномірного, диспропорційного зниження вмісту макро- та мікроелементів у надколіннику з домінуванням змін мікроелементів. Найвираженіший дисбаланс між вмістом макроелементів та мікроелементів виявлений при двохмісячній діабетичній артропатії колінного суглоба.

**Ключові слова:** колінний суглоб, діабетична артропатія, надколінник, макро- і мікроелементи.

#### **CHANGES IN THE MINERAL COMPOSITION OF THE PATELLA IN DIABETIC KNEE ARTHROPATHY**

**Hnatjuk M. S., Vadzyuk N. S., Tatarchuk L. V., Monastyrskya N. Ja., Konovalenko S. O., Yasinovskiy O. B.**

**Abstract.** Diabetic arthropathies are often encountered in clinical practice. The content of minerals in the bones of the joint changes in diabetic lesions of the joints, which leads to their damage.

*The purpose of research* – study of the mineral composition of the patella in experimental diabetic arthropathy of the knee joint.

*Methods and Material.* The content of macro- and microelements of the patella in diabetic arthropathy of the knee joint of 90 laboratory sexually mature white male rats, which were divided into 3 groups, was investigated by atomic absorption spectral analysis. The 1-st group included 30 intact animals, the 2-nd – 30 rats with one-month diabetic arthropathy of the knee joint, the 3-rd – 30 experimental animals with the two-month indicated pathology. Diabetes mellitus was induced by a single intraperitoneal injection of streptozotocin by “Sigma” at a dose of 50 mg/kg. One month and two months after the start of the experiment, rats were euthanized by bloodletting under thiopental anesthesia. Quantitative indicators were processed statistically.

*Results and Discussion.* Experimental hyperglycemia was accompanied by damage of structures of the knee joint. The content of calcium, phosphorus, and magnesium decreased unevenly, and the concentration of sodium increased in the patella of the studied joint in diabetic arthropathy. A decrease of the concentration of the main macroelements led to a violation of the Ca/P ratio, which increased by 6.1% in one-month hyperglycemia, and by 7.7% in two-month hyperglycemia ( $p < 0.01$ ). It has been established that the content of microelements: iron, copper, zinc, manganese, lead, is disproportionately and unevenly reduced in the bone tissue of the patella in diabetic arthropathy of the knee joint. Diabetic arthropathy of the knee joint leads to an uneven, disproportionate decrease of the content of macro- and microelements in the patella, with the predominance of changes in microelements. The most pronounced imbalance between the content of macroelements and microelements was found in two-month diabetic arthropathy of the knee joint.

**Key words:** knee joint, diabetic arthropathy, patella, macro- and microelements.

#### **ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:**

Hnatjuk M. S.: [0000-0002-4110-5568](https://orcid.org/0000-0002-4110-5568)<sup>ADEF</sup>

Vadzyuk N. S.: [0000-0002-3398-1285](https://orcid.org/0000-0002-3398-1285)<sup>BD</sup>

Tatarchuk L. V.: [0000-0002-4678-4205](https://orcid.org/0000-0002-4678-4205)<sup>ABE</sup>

Monastyrskya N. Ja.: [0000-0003-2799-0895](https://orcid.org/0000-0003-2799-0895)<sup>ACD</sup>

Konovalenko S. O.: –<sup>DE</sup>

Yasinovskiy O. B.: [0000-0002-5121-3140](https://orcid.org/0000-0002-5121-3140)<sup>BD</sup>

#### **Conflict of interest / Конфлікт інтересів:**

The authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

---

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Hnatjuk Mykhaylo Stepanovych / Гнатюк Михайло Степанович

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine / Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

Ukraine, 46001, Ternopil, 1 Maydan Voli str. / Адреса: Україна, 46001, м. Тернопіль, вул. Майдан Волі 1

Tel.: +380674765285 / Тел.: +380674765285

E-mail: [hnatjuk@tdmu.edu.ua](mailto:hnatjuk@tdmu.edu.ua)

---

**A** – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

*Received 14.06.2022 / Стаття надійшла 14.06.2022 року*  
*Accepted 09.11.2022 / Стаття прийнята до друку 09.11.2022 року*