

# АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛЮСТИ КРЫСЫ В МОДЕЛИ ПАРОДОНТИТА

Саркисян Н.Г.<sup>1,2</sup>, Катаева Н.Н.<sup>1</sup>, Хохрякова Д.А.<sup>1</sup>, Меликян А.Г.<sup>1</sup>,  
Осипова И.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук»,  
г. Екатеринбург, Россия

**Резюме.** Элементный состав костной ткани челюсти зависит от множества внешних и внутренних факторов, влияющих на организм. При пародонтите воспалительные процессы охватывают мягкие и костные ткани, окружающие зуб. Структура костной ткани напрямую отражает ее способность сдерживать воспаление и регенерировать после воздействия повреждающих факторов.

Цель исследования — изучить элементный состав костной ткани челюсти крысы при хроническом воспалительном процессе пародонта. В ходе эксперимента моделировали пародонтит у лабораторной крысы линии Wistar путем введения инсулиновой иглы в десневой край нижней челюсти крысы и последующим ее извлечением через неделю. Спустя месяц особь вывели из эксперимента передозировкой эфира для выделения исследуемого костного сегмента. Далее изучение образца костной ткани осуществляли методом атомно-эмиссионной спектроскопии.

В исследуемом сегменте костной ткани определено 67 химических элементов в количественном диапазоне до 10<sup>-4</sup> массовых процентов. Самая высокая массовая доля принадлежит базовым элементам костной ткани: кальцию, фосфору, магнию, натрию и сере, поступление которых обеспечивается за счет питательных веществ, при этом в течение эксперимента животные получали стандартный полнорационный комбикорм, в котором содержалось приближенное к норме количество белков, витамина D, Ca, P и Se. В изучаемом образце костной ткани количественное соотношение Ca/P составило 1,685, что незначительно превышает оптимальное. Повышение данного показателя связано с уменьшением содержания фосфора в костной ткани, что можно объяснить недостаточным суточным поступлением этого элемента с пищей, а также с рядом местных факторов. При травматизации челюсти в ходе моделирования пародонтита в данной области протекает воспалительный процесс, экспериментальное животное испытывает стресс, что приводит к деминерализации тканей альвеолярного отростка челюсти, о чем свидетельствует понижение содержания фосфора и селена в составе костной ткани. Кроме того, элементный анализ показал наличие инородных элементов в составе костной ткани, количество которых соответствует интервалу от 0,001% до 0,06%. В основном это элементы, образующие простые вещества — металлы: висмут, галлий, свинец, иридий, титан, цинк, ртуть, молибден.

## Адрес для переписки:

Катаева Наталья Николаевна  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ  
620026, Россия, г. Екатеринбург, ул. Декабристов, 32.  
Тел.: 8 (343) 214-85-11.  
E-mail: kataeva.nn@mail.ru

## Address for correspondence:

Natalia N. Kataeva  
Ural State Medical University  
32 Dekabristov St  
Yekaterinburg  
620026 Russian Federation  
Phone: +7 (343) 214-85-11.  
E-mail: kataeva.nn@mail.ru

## Образец цитирования:

Н.Г. Саркисян, Н.Н. Катаева, Д.А. Хохрякова, А.Г. Меликян, И.М. Осипова «Анализ элементного состава костной ткани челюсти крысы в модели пародонтита» // Российский иммунологический журнал, 2024. Т. 27, № 2. С. 161-166.  
doi: 10.46235/1028-7221-16671-AOR

© Саркисян Н.Г. и соавт., 2024

Эта статья распространяется по лицензии  
Creative Commons Attribution 4.0

## For citation:

N.G. Sarkisyan, N.N. Kataeva, D.A. Khokhryakova, A.H. Melikyan, I.M. Osipova "Analysis of rat jaw bone tissue elemental composition in a model of periodontitis", Russian Journal of Immunology/Rossiyskiy Immunologicheskii Zhurnal, 2024, Vol. 27, no. 2, pp. 161-166.  
doi: 10.46235/1028-7221-16671-AOR

© Sarkisyan N.G. et al., 2024

The article can be used under the Creative  
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.46235/1028-7221-16671-AOR

Перечень этих металлов соответствует химическому составу инсулиновой иглы, контактирующей с костной тканью при травматизации на протяжении недели.

Полученные результаты исследования могут быть учтены при планировании и проведении полиэтиотропной терапии воспалительно-дистрофических заболеваний пародонта еще на ранних стадиях их развития, когда видимые клинические проявления заболевания в полости рта минимальны.

*Ключевые слова:* пародонтит, травматизация кости, элементный состав кости челюсти, фосфорно-кальциевое соотношение, дефицит селена, остеопороз

## ANALYSIS OF RAT JAW BONE TISSUE ELEMENTAL COMPOSITION IN A MODEL OF PERIODONTITIS

Sarkisyan N.G.<sup>a,b</sup>, Kataeva N.N.<sup>a</sup>, Khokhryakova D.A.<sup>a</sup>, Melikyan A.H.<sup>a</sup>, Osipova I.M.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>b</sup> Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

**Abstract.** The elemental composition of jaw bone tissue depends on many external and internal factors affecting the body. The structure of bone tissue directly reflects its ability to restrain inflammation and regenerate after exposure to damaging factors.

The purpose of the study is to study the elemental composition of the rat jaw bone tissue during chronic periodontal inflammatory process. A month later, the individual was removed from the experiment by an overdose of ether to isolate the bone segment under study. Next, the bone tissue sample was studied using atomic emission spectroscopy.

In the studied segment of bone tissue, 67 chemical elements were identified in a quantitative range of up to  $10^{-4}$  mass percent. The highest mass fraction belongs to the basic elements of bone tissue: calcium, phosphorus, magnesium, sodium, and sulfur. While during the experiment the animals received standard complete feed, which contained proteins, vitamin D close to normal, Ca, P and Se. In the bone tissue sample under study, the quantitative Ca/P ratio was 1.685, which slightly exceeds the optimal one. An increase in this indicator is associated with a decrease in phosphorus content in bone tissue, which can be explained by insufficient daily intake of this element from food, as well as a number of local factors. When the jaw is traumatized during the modeling of periodontitis, an inflammatory process occurs in this area, the experimental animal experiences stress, which leads to demineralization of the tissues of the alveolar process of the jaw, as evidenced by a decrease in the content of phosphorus and selenium in the bone tissue. In addition, elemental analysis showed the presence of foreign elements in the bone tissue, the amount of which corresponds to the range from 0.001% to 0.06%. Basically, these are elements that form simple substances - metals: bismuth, gallium, lead, iridium, titanium, zinc, mercury, molybdenum.

The results of the study can be taken into account when planning and conducting polyetiologic therapy for inflammatory-dystrophic periodontal diseases in the early stages of their development.

*Keywords:* periodontitis, bone trauma, elemental composition of the jaw bone, phosphorus-calcium ratio, selenium deficiency, osteoporosis

## Введение

Воспалительно-дистрофические заболевания пародонта относятся к часто встречающимся заболеваниям зубочелюстной системы, которым страдают около 80% населения согласно данным современных исследований [7]. На сегодняшний день активно изучаются факторы риска, приводящие к пародонтиту, для разработки эффективных методов профилактики и лечения данного заболевания [9, 11].

Воспалительные процессы при пародонтите охватывают не только мягкие ткани, но и кост-

ные структуры. Основная роль в развитии патологий пародонта принадлежит микробиоте полости рта. Несмотря на существенное влияние патогенных микроорганизмов на процесс формирования данного заболевания, имеется множество факторов, которые способны запускать каскад воспалительных реакций в комплексе тканей, окружающих зуб [1, 2].

Элементный состав костной ткани зависит от многих факторов, как местных, так и общих. Строение кости может меняться в зависимости от качества пищевого рациона, физической на-

грузки, действия стресса, наличия заболеваний внутренних органов, травм челюстно-лицевой области, видового состава бактериального пейзажа полости рта и т. д. [2]. Кроме того, структура костной ткани напрямую отражает ее способность сдерживать воспаление и регенерировать после воздействия повреждающих факторов.

**Цель исследования** – изучить элементный состав костной ткани челюсти экспериментального животного при хроническом воспалительном заболевании пародонта.

## Материалы и методы

Начальный этап работы проводили на базе ФГБУН ИИФ УрО РАН г. Екатеринбург: создавали запатентованную модель развития хронического пародонтита у лабораторных крыс [8]. Для этого в десневой край нижней челюсти крысы линии Wistar вводили инсулиновую иглу длиной 12 мм. Игла вводилась с вестибулярной стороны вплотную вдоль правого нижнего резца с медиального края. Через 7 дней производилось извлечение иглы. В ходе эксперимента соблюдалось гуманное отношение к животным в соответствии с Хельсинкской декларацией. В ходе работы крысы находились в проветриваемых клетках Rair ISO System, по 5 животных в клетке, 12-часовым циклом освещения при температуре помещения 22–24 °С. Рацион питания состоял из стандартного комбикорма, животные имели свободный доступ к воде и корму. Спустя месяц после извлечения инородного тела особи выводились из эксперимента передозировкой эфира для выделения исследуемого костного сегмента.

Далее изучение образца костной ткани осуществляли в лаборатории центра коллективного пользования ФГБУН ИВЭ УрО РАН г. Екатеринбург. Элементный состав костной ткани получен методом атомно-эмиссионной спектроскопии (прибор – эмиссионный спектрометр iCAP 6300 Duo фирмы Thermo Scientific, Великобритания). Диапазон определяемых элементов: Li-N, Na-S, K-Se, Rb-Mo, Ru-I, Cs-Nd, Sm-Bi, Th, U, Pu.

## Результаты и обсуждение

В исследуемом сегменте костной ткани методом атомно-эмиссионной спектроскопии определено 67 химических элементов в определенном диапазоне до  $10^{-4}$  массовых процентов. Самая высокая массовая доля принадлежит следующим элементам: кальцию, фосфору, магнию, натрию и сере, т. к. это базовые элементы любой минерализованной костной ткани, в том числе, и костной ткани челюсти [5].

Главным источником макро- и микроэлементов для организма, указанных в таблице 1, является пищевой рацион. Для нормального образования и обновления костной ткани необходимо достаточное содержание в пище белков, микроэлементов (особенно кальция и фосфора), а также витаминов, в частности витамина D, который напрямую влияет на метаболизм Ca и P.

Перечисленные макро- и микроэлементы должны не только в достаточном количестве содержаться в потребляемой пище, но и эффективно усваиваться в процессе пищеварения. Например, дефицит клетчатки в рационе является причиной снижения всасываемости кальция и фосфора в кишечнике. Скучное питание, недостаточное поступление на этом фоне витамина D, Ca и P приводит к снижению содержания кальция и фосфора, нарушению образования гидроксиапатита в костной ткани, что может являться причиной деструкции костной ткани вокруг корней зубов. Также важно поступление с пищей селена, этот химический элемент участвует в процессе метаболизма костной ткани, ее регенерации при повреждении [3]. В течение эксперимента животные получали стандартный полнорационный комбикорм, в котором содержалось приближенное к норме количество белков, витамина D, Ca, P и селена (см. табл. 2).

В исследуемом образце костной ткани количественное соотношение Ca/P составило 1,685, что незначительно превышает оптимальное (1,67). Изменение данного соотношения свидетельствует о снижении содержания уровня фосфора

ТАБЛИЦА 1. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦЕ КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛЮСТИ

TABLE 1. QUANTITATIVE CONTENT OF BASIC ELEMENTS IN A JAW BONE TISSUE SAMPLE

Химический элемент Chemical element	Массовая доля элемента костной ткани в норме, % Normal mass fraction of bone tissue element, %	Массовая доля элемента костной ткани подопытного животного, % Mass fraction of the bone tissue element of the experimental animal, %
Ca	–	22,14
P	–	13,14
Mg	0,55-0,72	0,69
Na	0,5-0,7	0,58
S	0,1-0,2	0,16
Se	0,008	0,004

**ТАБЛИЦА 2. СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОРМЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ**

TABLE 2. CONTENT OF MINERALS IN THE FEED OF LABORATORY ANIMALS

Минеральные вещества Minerals	Норма суточного потребления Daily consumption rate	Содержание в 100 г стандартного комбикорма Contents per 100 g of standard feed
<b>Витамин D</b> Vitamin D	600-800 МЕ / 600-800 IU	1350 МЕ / 1350 IU
<b>Ca</b>	1000 мг / 1000 mg	1003 мг / 1003 mg
<b>P</b>	800-1400 мг / 800-1400 mg	770 мг / 700 mg
<b>Se</b>	20-70 мкг / 20-70 µg	70 мкг / 70 µg

в костной ткани, что можно связать с его недостаточным суточным поступлением с пищей (см. табл. 2). Уменьшение содержания фосфора в структуре гидроксиапатита является predisposing фактором к воспалительным процессам вокруг корней зубов, локальному остеопорозу костной ткани челюсти. Также, несмотря на нормальное суточное поступление селена с пищевым рационом (табл. 2), наблюдается снижение его содержания в костной ткани – 0,004%, при норме – 0,008% (см. табл. 1). Уменьшение данного показателя свидетельствует об изменении метаболических процессов в костной ткани, снижении регенерации костных балок и синтеза гидроксиапатита.

Другим общим фактором, оказывающим влияние на строение костной ткани, является стресс. Известно, что на морфогенез костной системы влияет состояние иммунной защиты организма. При стрессе активируется симпатoadrenalовая система, которая изменяет течение обмена веществ. Длительное воздействие стрессового фактора, в частности боли, приводит к истощению приспособительных сил организма, нарушению иммунного ответа, гомеостаза и метаболизма.

На фоне хронического болевого синдрома воспаление протекает более активно – наблюдается выраженный отек и инфильтрация тканей, дистрофические изменения клеток, при этом снижаются репаративные способности пародонта и уменьшается количество новообразованной соединительной ткани [4].

В ходе эксперимента крысы испытывали хронический болевой синдром после введения инсулиновой иглы для индуцирования пародонтита и до момента ее извлечения (игла находилась в костной ткани челюсти в течение 7 дней). Можно предположить, что постоянное ощущение боли изменило реактивность нервной и иммунной системы и привело к более активному течению воспаления, которое проявилось выраженным отеком и инфильтрацией костной ткани, ее резорбции вокруг введенного инородного тела. Таким образом, данный фактор также мог повлиять на снижение содержания P в тканях альвеолярного отростка челюсти. Строение костной ткани также изменяется при операциях и травмах. Любое оперативное вмешательство на челюстях сопровождается травмированием костной ткани и активацией каскада реакций иммунного ответа [6].

**ТАБЛИЦА 3. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦЕ КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛЮСТИ**

TABLE 3. QUANTITATIVE CONTENT OF ELEMENTS IN A JAW BONE TISSUE SAMPLE

Химический элемент Chemical element	Массовая доля элемента костной ткани в норме, % Normal mass fraction of bone tissue element, %	Массовая доля элемента костной ткани подопытного животного, % Mass fraction of the bone tissue element of the experimental animal, %
<b>Fe</b>	0,0015	0,005
<b>Cu</b>	0,0004	0,003
<b>Ni</b>	0,0004	0,001
<b>Cr</b>	0,001	0,003
<b>Zn</b>	0,007	0,03
<b>Si</b>	0,002	0,007
<b>Bi</b>	–	0,06
<b>Ti</b>	0,009	0,03
<b>Ga</b>	–	0,05
<b>Pb</b>	0,02	0,05

Элементный анализ показал наличие инородных элементов в составе костной ткани, в количестве 0,001-0,06% (см. табл. 3). В основном это элементы, которые образуют простые вещества – металлы. Среди них обнаружены: свинец, иридий, титан, висмут, галлий, цинк, ртуть, молибден. Перечень этих металлов соответствует химическому составу инсулиновой иглы, контактирующей с костной тканью при травматизации на протяжении недели. Инсулиновые иглы изготавливаются из стали, в состав которой входят легирующие элементы: Si, P, Bi, Pb, Ti, Zn и другие. Легированная сталь приводит к улучшению таких технических характеристик, как коррозионная стойкость, тугоплавкость, повышенная твердость и т.п. Таким образом, после извлечения металлического инородного тела из альвеолы челюсти, в костной ткани определялись частицы металлов, накопленных в костной ткани (табл. 3).

Введение инородного тела в кость челюсти могло привести к изменению привычной окклюзии, что в свою очередь стало причиной перегрузки пародонта рядом стоящих зубов. При нефизиологической нагрузке на зуб формируется травматический узел, который приводит к развитию воспаления в данной области, сопровождающееся деминерализацией тканей альвеолярного отростка челюсти. Перегрузка пародонта ведет к резорбции костной ткани вокруг корня зуба, снижению микротвердости кости и уменьшению сопротивляемости к нагрузке [10]. Т. е. данный местный фактор также влияет на соотношение Ca/P в

костной ткани, приводя к снижению содержания P в результате процесса резорбции кости.

## Заключение

Таким образом, на изменение элементного состава костной ткани челюсти при пародонтите влияет общее состояние организма, качество питания, хронический болевой синдром, операции на челюстях, перегрузка пародонта зубов. Анализ элементного состава костной ткани в модели воспалительного заболевания пародонта позволил выявить изменения количественных показателей базовых элементов костной ткани. Несбалансированное по пищевой ценности питание, стрессовый фактор, травматизация кости приводит к уменьшению содержания фосфора и селена в костной ткани, что приводит к дисбалансу между процессами резорбции и ремоделирования кости. Полученные результаты исследования могут быть учтены при планировании и проведении полиэтиотропной терапии воспалительно-дистрофических заболеваний пародонта еще на ранних стадиях их развития, когда видимые клинические проявления заболевания в полости рта минимальны.

## Благодарности

Авторы выражают благодарность директору ФГБУН ИИФ УрО РАН г. Екатеринбург, д.ф.-м.н. Соловьевой О.Э. за предоставление возможности проведения исследований на базе учреждения.

## Список литературы / References

1. Алиева М.С., Расулов И.М., Магомедов М.А., Мейланова Р.Д. Современные аспекты этиологии и патогенеза пародонтита // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки, 2013. Т. 22, № 1. С. 25-29. [Alieva M.S., Rasulov I.M., Magomedov M.A., Meylanova R.D. Modern aspects of etiology and pathogenesis of parodontitis. *Izvestia DGPU. Estestvennye i tochnye nauki = DSPU Journal. Natural and Exact Sciences*, 2013, Vol. 22, no. 1, pp. 25-29. (In Russ.)]
2. Бажутова И.В., Исмагуллин Д.Д., Лямин А.В., Трунин Д.А., Жестков А.В., Разумный В.А. Клиническое значение представителей рода Streptococcus при развитии пародонтита // Инфекция и иммунитет, 2022. Т. 12, № 1. С. 51-58. [Bazhutova I.V., Ismatullin D.D., Lyamin A.V., Trunin D.A., Zhestkov A.V., Razumnyj V.A. Clinical significance of Streptococcus members in developing periodontitis. *Infektsia i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*, 2022, Vol. 12, no. 1, pp. 51-58. (In Russ.)] doi: 10.15789/2220-7619-CSO-1698.
3. Борисюк С.В., Нотова С.В., Кван О.В. Влияние различного уровня потребления пищевых волокон в рационе на элементный состав костной ткани беременных самок крыс // Вестник Оренбургского государственного университета, 2016. Т. 193, № 5. С. 41-45. [Borisjuk S.V., Notova S.V., Kvan O.V. The elemental composition of bone pregnant female rats on the background of consumption of dietary fiber in the diet. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Orenburg State University*, 2016, Vol. 193, no. 5, pp. 41-45. (In Russ.)]
4. Брусенцова А.Е., Ляшев Ю.Д., Цыган Н.В., Затолокина М.А., Антопольская Е.В., Солин А.В. Морфологические изменения в пародонте крыс с экспериментальным пародонтитом и хроническим болевым синдромом // Вестник НовГУ. Сер.: Медицинские науки, 2022. Т. 127, № 2. С. 21-25. [Brusentsova A.E., Lyashev Yu.D., Tsygan N.V., Zatulokina M.A., Antopolskaya E.V., Solin A.V. Morphological changes in the periodontium of rats with experimental periodontitis and chronic pain syndrome. *Vestnik NovGU. Ser.: Meditsinskie nauki = Bulletin of NovSU. Issue: Medical Sciences*, 2022, Vol. 127, no. 2, pp. 21-25. (In Russ.)]
5. Герк С.А., Голованова О.А. Элементный состав костной ткани человека в норме и при патологии // Вестник ОмГУ, 2015. Т. 78, № 4. С. 39-44. [Gerk S.A., Golovanova O.A. Trace element composition of human bone tissue in normal and pathological condition. *Vestnik OmGU = Bulletin of Omsk University*, 2015, Vol. 78, no. 4, pp. 39-44. (In Russ.)]

6. Катаева Н.Н., Саркисян Н.Г., Чумаков Н.С., Хлыстова К.А., Медведева О.М., Шмыгалев А.С. Микроскопический и элементный анализ костной ткани челюсти при травме // Медицинская иммунология, 2023. Т. 25, № 3. С. 649-654. [Kataeva N.N., Sarkisyan N.G., Chumakov N.S., Khlystova K.A., Medvedeva O.M., Shmygalev A.S. Microscopic and elemental analysis of jaw bone tissue in injury. *Medicinskaya immunologiya = Medical Immunology (Russia)*, 2023, Vol. 25, no. 3, pp. 649-654. (In Russ.)] doi: 10.15789/1563-0625-MAE-2738.

7. Сабирова А.И., Акрамов И.А., Рамазанова З.Д., Сергеева В.В., Ибишева Л.К. Современные аспекты эпидемиологических вопросов заболеваний тканей пародонта // The Scientific Heritage, 2021. Т. 73, № 73-2. С. 31-38. [Sabirowa A.I., Akramov I.A., Ramazanova Z.D., Sergeeva V.V., Ibisheva L.K. Modern aspects of epidemiological issues of periodontal tissue diseases. *The Scientific Heritage = The Scientific Heritage*, 2021, Vol. 73, no. 73-2, pp. 31-38. (In Russ.)]

8. Саркисян Н.Г., Тимченко А.С., Ларионов Л.П., Тузанкина И.А. Способ получения модели хронического пародонтита у крыс // Уральский медицинский журнал, 2014. Т. 117, № 3. С. 54-56. [Sarkisian N.G., Timchenko A.S., Larionov L.P., Tuzankina I.A. A method for producing a model of chronic periodontitis in rats. *Uralskiy meditsinskiy zhurnal = Ural Medical Journal*, 2014, Vol. 117, no. 3, pp. 54-56. (In Russ.)]

9. Саркисян Н.Г., Ронь Г.И., Тузанкина И.А., Свитич О.А., Ганковская Л.В., Долгих М.А. Генетические критерии диагностики пародонтита // Уральский медицинский журнал, 2015. Т. 131, № 8. С. 77-81. [Sargsyan N.G., Ron G.I., Tuzankina I.A., Svitich O.A., Gankovskaya L.V., Long M.A. Genetic diagnosis criteria for periodontitis. *Uralskiy meditsinskiy zhurnal = Ural Medical Journal*, 2015, Vol. 131, no. 8, pp. 77-81. (In Russ.)]

10. Сирак С.В., Щетинин Е.В., Петросян Г.Г., Андреев А.А., Вафиади Г.Д., Терещенко О.А. Показатели микротвердости челюстных костей при стресс-индуцированном экспериментальном пародонтите // Медицинский вестник Северного Кавказа, 2018. Т. 13, № 4. С. 659-663. [Sirak S.V., Shchetinin E.V., Petrosyan G.G., Andreev A.A., Vafiadi G.D., Tereshchenko O.A. Indicators of jawbone microhardness in stress-induced experimental periodontitis. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza = Medical News of North Caucasus*, 2018, Vol. 13, no. 4, pp. 659-663. (In Russ.)]

11. Усманова И.Н., Хуснарязанова Р.Ф., Зигитбаев Р.Н., Абдрахманова Е.Р., Гильманова Р.Р., Киньягулова С.Р. Современные подходы к диагностике рисков развития кариеса и воспалительных заболеваний пародонта у лиц молодого возраста // Уральский медицинский журнал, 2018. Т. 162, № 7. С. 43-47. [Usmanova I.N., Khusnarizanova R.F., Zigitbayev R.N., Abdrakhmanova E.R., Gilmanova R.R., Kinyagulova S.R. Modern approaches to the diagnosis of risk of development of caries and inflammatory periodontal diseases at young age. *Uralskiy meditsinskiy zhurnal = Ural Medical Journal*, 2018, Vol. 162, no. 7, pp. 43-47. (In Russ.)]

---

**Авторы:**

**Саркисян Н.Г.** — д.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ; профессор отдела аспирантуры ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, Россия

**Катаева Н.Н.** — к.х.н., доцент кафедры общей химии ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г. Екатеринбург, Россия

**Хохрякова Д.А.** — студентка 5-го курса стоматологического факультета ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г. Екатеринбург, Россия

**Меликян А.Г.** — студент 5-го курса стоматологического факультета ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г. Екатеринбург, Россия

**Осипова И.М.** — студентка 5-го курса стоматологического факультета ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г. Екатеринбург, Россия

---

**Authors:**

**Sarkisyan N.G.**, PhD, MD (Medicine), Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry and Propedeutics of Dental Diseases, Ural State Medical University; Professor of Postgraduate Department, Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

**Kataeva N.N.**, PhD (Chemistry), Associate Professor, General Chemistry Department, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

**Khokhryakova D.A.**, 5<sup>th</sup> year Student of the Dental Faculty, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

**Melikyan A.H.**, 5<sup>th</sup> year Student of the Dental Faculty, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

**Osipova I.M.**, 5<sup>th</sup> year Student of the Dental Faculty, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

---

Поступила 27.03.2024  
Отправлена на доработку 29.03.2024  
Принята к печати 30.03.2024

---

Received 27.03.2024  
Revision received 29.03.2024  
Accepted 30.03.2024