



МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРОДОНТА ПОД ВЛИЯНИЕМ УМЕНЬШЕННОЙ ЖЕВАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Храмова И.В., Марков И.И.

¹Медицинский университет РЕАВИЗ, Самара, Россия, e-mail: markovii2601@yandex.ru

Для цитирования:

Храмова И.В., Марков И.И. Морфологические изменения пародонта под влиянием уменьшенной жевательной нагрузки. Морфологические ведомости. 2025;33(3):970. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(3\).970](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(3).970)

Резюме. Изучение влияния жевательной нагрузки на структуру и функцию пародонта является важным направлением в стоматологии. Нарушение окклюзионных взаимоотношений, отсутствие зубов или длительное использование мягкой диеты приводят к гипофункции жевательного аппарата, что провоцирует атрофические и дистрофические процессы в тканях пародонта. Жевательная нагрузка является ключевым фактором, поддерживающим гомеостаз пародонта. Цель исследования - установить закономерности структурно-функциональной перестройки пародонта при экспериментальной жевательной гипофункции. Проведено изучение временных и качественных характеристик морфофункциональных изменений пародонта при экспериментальном моделировании жевательной гипофункции. В работе использовано 60 половозрелых беспородных белых крыс (возраст 6 месяцев, масса 250-300 г). Животные были разделены на 2 группы. Основная группа (n=45) с экспериментальным моделированием жевательной гипофункции, контрольную группу (n=15) составили интактные животные. Моделирование жевательной гипофункции осуществлялось кормлением животных назначением диспергированного до состояния пюре мягкого корма. Длительность эксперимента составила 12 недель. Для оценки результатов использовались рентгенологический микрокомпьютерный метод, гистологический, иммуногистохимический, молекулярно-биологический и биомеханический анализы. Через 12 недель гипофункции показатель отношения объема кости к общему объему костной ткани снизился на 29% (<0,001), что свидетельствует о выраженной резорбции костной ткани. Толщина трабекул уменьшилась на 33%, а количество трабекул уменьшилось на 34% (<0,001), что в целом подтверждает нарушение микроархитектоники костной ткани. Гистологические исследования показали, что к 12 неделе эксперимента произошло уменьшение толщины периодонтальной связки на 38,7%, на 42,3% снизилось количество остеоцитов, в 2,1 раза возросло число остеокластов. Молекулярно-биологические изменения относительно контроля заключались в снижении синтеза альфа-цепи коллагена первого типа в 0,6 раз и активности щелочной фосфатазы в 0,5 раза, а также росте активности тартрат-резистентной кислой фосфатазы в 1,8 раза, (все изменения достоверны (p<0,001)). Результаты экспериментального исследования объясняют ускоренную потерю зубов у пациентов с односторонним жеванием.

Ключевые слова: пародонт, альвеолярный отросток, жевательная гипофункция, периодонтальная связка, резорбция кости

Статья поступила в редакцию 06 мая 2025
Статья принята к публикации 05 октября 2025

THE PERIODONTIUM MORPHOLOGICAL CHANGES UNDER THE REDUCED CHEWING LOAD INFLUENCE

Khramova IV, Markov II

REAVIZ Private Medical University, Samara, Russia, e-mail: markovii2601@yandex.ru

For the citation:

Khramova IV, Markov II. The periodontium morphological changes under the reduced chewing load influence. *Morphological Newsletter*. 2025;33(3):970. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(3\).970](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(3).970)

Summary. The studying the influence of masticatory load on the structure and function of the periodontium is an important area of research in dentistry. Disruption of occlusal relationships, the absence of teeth, or prolonged use of a soft diet led to hypofunction of the masticatory apparatus, which provokes atrophic and dystrophic processes in periodontal tissues. Masticatory load is a key factor maintaining periodontal homeostasis. The aim of this study was to establish patterns of structural and functional reorganization of the periodontium during experimental masticatory hypofunction. The temporal and qualitative characteristics of morpho-functional changes in the periodontium were studied during experimental modeling of masticatory hypofunction. Sixty mature outbred white rats (6 months old, weighing 250-300 g) were used in the study. The animals were divided into 2 groups. The main group (n=45) with experimentally modeled masticatory hypofunction, and the control group (n=15) consisted of intact animals. Masticatory hypofunction was simulated by feeding the animals soft food dispersed to a puree state. The experiment lasted 12 weeks. The results were evaluated using a micro-computerized X-ray method, histological, immunohistochemical, molecular biological, and biomechanical analyses. After 12 weeks of hypofunction, the bone volume to total bone tissue ratio decreased by 29% (<0.001), indicating pronounced bone resorption. The trabecular thickness decreased by 33%, and the number of trabeculae decreased by 34% (<0.001), which generally confirms a disruption of bone tissue microarchitecture. Histological studies showed that by week 12 of the experiment, the periodontal ligament thickness decreased by 38.7%, the osteocyte count decreased by 42.3%, and the osteoclast count increased by 2.1 times. Molecular biological changes relative to the control included a 0.6-fold decrease in the synthesis of the alpha chain of type I collagen and a 0.5-fold decrease in alkaline phosphatase activity, as well as a 1.8-fold increase in the activity of tartrate-resistant acid phosphatase (all changes are significant (p<0.001)). The results of the experimental study explain the accelerated tooth loss in patients with unilateral chewing.

Keywords: periodontium, alveolar process, masticatory hypofunction, periodontal ligament, bone resorption

Article received 06 May 2025
Article accepted 05 October 2025

Введение. Несмотря на значительное количество экспериментальных наблюдений, посвященных влиянию гипофункции жевательного аппарата на состояние пародонта, динамика и молекулярные механизмы изменений в нем остаются недостаточно изученным [1-2]. Экспериментальные исследования длительного кормления белых крыс диспергированной пищей показали, что оно вызывает у них структурные изменения различных органов челюстно-лицевого и жевательного аппарата [3-4] и органов пищеварительной системы [5-6]. Изучение влияния жевательной нагрузки на структуру и функцию пародонта является важным направлением в стоматологии [7-8]. Нарушение окклюзионных взаимоотношений, отсутствие зубов или длительное использование мягкой диеты приводят к гипофункции жевательного аппарата, что провоцирует атрофические и дистрофические процессы в тканях пародонта [9]. Жевательная нагрузка является ключевым фактором, поддерживающим гомеостаз пародонта. Согласно данным литературы, механические стимулы способствуют активации остеобластов и минерализации альвеолярной кости, поддержанию плотности периодонтальной связки, стимуляции кровоснабжения десны [10]. При снижении нагрузки запускаются процессы резорбции костной ткани. Исследования [11] на животных моделях показали, что через 3 месяца сниженной жевательной нагрузки минеральная плотность альвеолярной кости уменьшалась на 15-20%. Аналогичные данные опубликованы в клинических наблюдениях, в которых у пациентов с односторонней жевательной недостаточностью отмечалось снижение плотности костной ткани на 18% [12]. По данным некоторых авторов в эксперименте на крысах, через 12 недель гипофункции жевательных мышц толщина периодонтальной связки уменьшалась на 40%, а ее волокна становились менее организованными [13]. Это согласуется с выводами о том, что снижение нагрузки приводит к уменьшению синтеза коллагена [12]. Современные исследования подтверждают, что при снижении жевательной нагрузки кровотока в десне снижается на 25-30%, что

способствует гипоксии тканей и замедлению репаративных процессов. Длительная гипофункция пародонта приводит к прогрессирующей резорбции альвеолярного отростка, увеличению подвижности зубов, повышенному риску развития пародонтита и рецессии десны [14-17]. Анализ данной литературы подтверждает, что длительное снижение жевательной нагрузки вызывает значительные морфофункциональные изменения в пародонте. Профилактика этих нарушений требует своевременного протезирования, ортодонтической коррекции прикуса и дозированной функциональной нагрузки.

Цель исследования - установить закономерности структурно-функциональной перестройки пародонта при экспериментальной жевательной гипофункции.

Материалы и методы исследования. Проведено изучение временных и качественных характеристик морфофункциональных изменений пародонта при экспериментальном моделировании жевательной гипофункции. В работе использовано 60 половозрелых беспородных белых крыс (возраст 6 месяцев, масса 250-300 грамм). Животные были разделены на 2 группы. Основная группа (n=45) с экспериментальным моделированием жевательной гипофункции, контрольную группу (n=15) составили интактные животные. Моделирование жевательной гипофункции осуществлялось кормлением животных назначением диспергированного до состояния шпоре мягкого корма. Длительность эксперимента составила 12 недель. Для оценки результатов использовались рентгенологический микрокомпьютерный метод получения изображений на аппарате Bruker MicroCT (Бельгия) с высоким разрешением до микрометров с оценкой объемной плотности кости как отношения объема кости к общему объему (далее - BV/TV), средней толщины трабекул (далее - Tb.Th) и числа трабекул (далее - Tb.N) на единицу длины. Гистологический анализ проводили окраской препаратов пародонта гематоксилином и эозином, по Ван Гизону с последующей их световой микроскопией. Иммуногистохимическими методами с помощью набора реа-

гентов Sino Biological@ (Китай) выявляли рецептор-активатор ядерного фактора «каппа-В» (далее - RANKL) и остеопротегерин (далее - OPG) - белок, который блокирует RANKL и тем самым подавляет разрушение костной ткани. Молекулярно-биологические методами на основе протоколов с использованием реагентов Qiagen@ (Германия) выявляли альфа-1 цепь коллаген 1-го типа (далее - COL1A1),

щелочную фосфатазу (далее - ALP) как фермент-маркер активности остеобластов, а также тартрат-резистентную форму кислотной фосфатазы (далее TRAP) как фермент-маркер остеокластов. Биомеханическими методами определяли модуль упругости периодонтальной связки (модуля Юнга) и оценивали устойчивость зуба к смещению.

Таблица 1

Морфологические и функциональные показатели периодонта, костной ткани альвеолярного отростка и периодонтальной связки крыс в эксперименте длительностью 12 недель с жевательной гипофункцией

Показатель* и ед. изм.	BV/TV (%)	Tb.Th (мм)	Tb.N (п/мм)	RANKL (y.e)	OPG (y.e)	TRAP (y.e)	Модуль упругости (Мпа)	Устойчивость зубов (Н/мм)
Группа								
контроль n=15	58,2±3,1	0,18±0,02	3,2±0,3	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	12,4±1,2	8,5±0,7
эксперимент n=45	41,3±2,1	0,12±0,01	2,1±0,2	2,3±0,2	0,7±0,1	1,8±0,2	7,6±0,8	5,2±0,5
значение p	<0,001	<0,001	<0,001	p<0,05	p<0,05	p<0,05	<0,001	<0,001

Примечание: * - обозначения и аббревиатуры см. в тексте раздела «Материалы и методы исследования»

Результаты исследования и обсуждение. Результаты исследования представлены в таблице 1. Анализ микро-КТ показал прогрессирующее снижение минеральной плотности альвеолярной кости в экспериментальной группе по сравнению с контрольной. Через 12 недель гипофункции показатель BV/TV снизился на 29% (<0,001), что свидетельствует о выраженной резорбции костной ткани. Толщина трабекул уменьшилась на 33% (<0,001), а количество трабекул на 34% (<0,001), что в целом подтверждает нарушение микроархитектоники костной ткани. Гистологические исследования показали, что к 12 неделе эксперимента произошло уменьшение толщины периодонтальной связки на 38,7%, на 42,3% снизилось количество остецитов, в 2,1 раза возросло число остеокластов. Особого внимания заслуживает выявленная временная динамика изменений, которая проявилась преимущественно начальными сосудистыми изменениями на 1-4 неделе эксперимента. На промежуточной стадии эксперимента (4-8 неделя) произошла активация резорбции, поздние же изменения заключались в структурных дефектах на 8-12 неделях эксперимента. К 12 неделе эксперимента экспрессия RANKL повысилась в 2,3 раза, а экспрессия маркера OPG снизилась на 30%, что указывает на активацию остеокластогенеза. Таким образом,

жевательная гипофункция приводит к дегенерации периодонтальной связки и усилению костной резорбции за счет дисбаланса RANKL/OPG. Молекулярно-биологические изменения относительно контроля заключались в снижении синтеза COL1A1 в 0,6 раз и активности ALP в 0,5 раза, а также росте активности TRAP в 1,8 раза, (все изменения статистически достоверны (p<0,001)). Снижение синтеза коллагена и усиление активности щелочной фосфатазы подтверждает угнетение остеогенеза. Рост активности TRAP отражает усиление остеокластической резорбции. Изменения механических свойств пародонта заключались в снижении модуля его упругости и устойчивости зубов на 39% (p<0,001), что объясняется деградацией коллагеновых волокон. Подвижность зубов увеличилась пропорционально потере костной поддержки альвеолярного отростка челюсти.

Заключение. Таким образом, жевательная гипофункция в эксперименте вызывает прогрессирующую атрофию костной ткани альвеол, дегенерацию периодонтальной связки, активацию остеокластов и снижение устойчивости периодонта к механическим нагрузкам. Результаты исследования объясняют ускоренную потерю зубов у пациентов с односторонним жеванием.

Литература References

1. Tsimbalistov AV, Mikhaylova ES. Molekulyarnye mekhanizmy remodelirovaniya kostnoy tkani pri zhevatel'noy gipofunktsii. Parodontologiya. 2021;26(3):45-51. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2021-26-3-45-51>. In Russian
2. Kuroshima S, Sasaki M. Recent advances in understanding periodontal mechanobiology under masticatory loading. Journal of Dental Research. 2023;102(5):489-499. <https://doi.org/10.1177/00220345221149901>
3. Sych VF, Bezzubenkova OE. Morfofunktsional'nye osobennosti dvoigatel'nykh nerвных okonchaniy poverkhnostnoy zhevatel'noy myshtsy belykh kryys posle prodolzhitel'noy gipodinamii. Morfologicheskie vedomosti. 2005;(1-2):55-58. In Russian
4. Bezzubenkova OE, Kurnosova IA. Konsistentsiya pishchi kak fizicheskiy faktor regulyatsii morfogeneza muskulatury chelyustnogo apparata kryysy. Morfologicheskie vedomosti. 2010;(4):15-24. In Russian
5. Drozhkina EP, Sych VF, Khayrullin RM, Slesarev SM. O vliyaniy dritel'nogo potrebleniya dispergirovannoy pishchi na morfogenez myshechnoy obolochki obodochnoy kishki belykh kryys. Morfologicheskie vedomosti. 2006;(1-2):21-23. In Russian
6. Kuznetsova TI, Khayrullin RM, Sych VF, Tsyganova NA. Vliyanie melkoizmel'chennogo vivarnogo korma na strukturno-funktsional'noe sostoyaniye gepatotsitov pecheni u kryys. Voprosy pitaniya. 2010;79(4):9-14. In Russian
7. Ahn BD, Kim YI. Effects of masticatory hypofunction on periodontal tissue remodeling: A longitudinal micro-CT study. Archives of Oral Biology. 2023;145:105590. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2022.105590>
8. Kiliaridis S. Masticatory function and its influence on craniofacial growth. European Journal of Orthodontics. 2003;25(4):371-376. <https://doi.org/10.1093/ejo/25.4.371>
9. Melsen B, Dalstra M. Mechanical stimulation and bone remodeling. Orthodontics & Craniofacial Research. 2017;20(1):43-48. <https://doi.org/10.1111/ocr.12172>
10. Mori H, Hiraiwa T, Kawakami M et al. Three-dimensional analysis of alveolar bone loss in occlusal hypofunction models. Archives of Oral Biology. 2017;82:41-47. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.05.019>
11. Katsaros C, Bergé S, van't Hof M. Alveolar bone loss and tooth mobility in unilateral chewing. European Journal of Orthodontics. 2006;28(3):262-266. <https://doi.org/10.1093/ejo/cji114>
12. Huang H, Williams RC, Kyriakides S. Accelerated orthodontic tooth movement: Molecular mechanisms. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2015;148(4):620-629. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.04.034>
13. Moxham BJ, Berkovitz BKB. The effects of mechanical forces on periodontal ligament metabolism - a review. Journal of Periodontal Research. 1984;19(1):1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.1984.tb01190.x>
14. Ebersole JL, Kirakodu SS, Novak MJ et al. Gingival tissue inflammation promotes systemic inflammation in experimental periodontitis [Electronic resource]. Journal of Periodontal Research. 2023; URL: <https://doi.org/10.1111/jre.13128>
15. Kwon T, Lanster IB, Levin L. Current concepts in the management of periodontitis. International Dental Journal. 2021;71(6):462-476. <https://doi.org/10.1111/idj.12630>
16. Melsen B. Contemporary views on alveolar bone remodeling in hypofunction. Orthodontics & Craniofacial Research. 2017;20(1):43-48. <https://doi.org/10.1111/ocr.12172>
17. Van der Weijden GA, van der Velden U. Periodontal risks of masticatory hypofunction. Journal of Clinical Periodontology. 2009;36(4):295-302. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2009.01379.x>

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

The authors declare that they have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Храмова Ирина Валерьевна, аспирантка, Медицинский университет «Реавиз», Самара, Россия;
e-mail: 81khranova@rambler.ru

Марков Игорь Иванович, доктор медицинских наук, профессор, советник ректора, Медицинский университет «Реавиз», Самара, Россия; **e-mail: markovii2601@yandex.ru**

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina V. Khranova, Aspirantin, the REAVIZ Private Medical University, Samara, Russia;
e-mail: 81khranova@rambler.ru

Igor' I. Markov, Doctor of Medical Sciences, Professor, the Rector of the REAVIZ Private Medical University Advisor, Samara, Russia; **e-mail: markovii2601@yandex.ru**