

# ОСОБЕННОСТИ БИОМЕХАНИКИ ТВЁРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ ЗУБОВ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИМИ РЕСТАВРАЦИЯМИ

## FEATURES OF THE BIOMECHANICS OF HARD TISSUES OF TEETH WHEN REPLACING TOOTH DEFECTS WITH METAL-CERAMIC RESTORATIONS

**K. Barkovets  
A. Efimin**

*Summary.* The health of the hard tissue of the teeth, the periodontium, plays an important role in the durability of dentures. The issues of comparative assessment of hard tissue of teeth when replacing with prosthetic structures are complex and not fully understood. The article presents an overview of statistical data on the technical, clinical aspects of the biomechanics of ceramic-metal prostheses, the interaction between dental hard tissues and prosthetic restorations.

*Keywords:* metal-ceramic restorations, meta-analysis, cermet, crown, fixed dentures.

**Барковец Константин Николаевич**

Аспирант, Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет  
barkovec\_k73@mail.ru

**Ефимин Александр Викторович**

Аспирант, Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет  
a-efimin@yandex.ru

*Аннотация.* Здоровье твердой ткани зубов, пародонта играет важную роль в долговечности протезов. Вопросы сравнительной оценки твердой ткани зубов при замещении протезными конструкциями сложны и до конца не изучены. В статье представлен обзор статистических данных о технических, клинических аспектах биомеханики металлокерамических протезов, взаимодействии между твердыми тканями зубов и протезными реставрациями.

*Ключевые слова:* металлокерамика, коронка, несъемные зубные протезы, метаанализ.

**П**равильное планирование лечения и ортопедическое лечение имеют важное значение для долгосрочного эффективного результата ортопедического лечения зубов. Существует тесная связь между ортопедической стоматологией и стоматологией, поскольку здоровье твердой ткани зубов играет важную роль в долговечности несъемных зубных реставраций [1, 2]. С другой стороны, дефектные протезы способствуют прогрессированию заболеваний твердых тканей зуба [3]. Окончательная обработка ортопедической реставрации оказывает влияние на создание биопленки, так как повышенная шероховатость поверхности создает благоприятную среду для роста микробов. Следовательно, необходима качественная отделка поверхности протеза в результате надлежащей технологии изготовления и создание идентичной тождественности между поверхностями [4]. Для достижения успешного результата лечения ортопеды и стоматологи должны сотрудничать, чтобы увеличить долговечность реставрации и улучшить здоровье зубов, а также улучшить качество жизни стоматологических пациентов [5].

## Материал и методы

Статьи о биомеханике твердой ткани зубов и несъемных зубных протезах, искали по ключевым словам металлокерамика, коронка, несъемные зубные протезы в PubMed, Medline, Scopus. Критериями включения являлось: в исследовании изучались только взрослые пациенты; рассматривались сообщения, содержащие информацию о результатах протезирования металлокерамическими реставрациями; использование статистических методов, для оценки и презентации полученных данных.

## Введение

Краевое, а также внутреннее несоответствие с внешним зазором в протезной коронке или несъемном частичном протезе являются критическими факторами, поскольку они влияют на структурную жесткость, краевую целостность и здоровье твердой ткани зуба и пародонта [6]. Точность краевой и внутренней фиксации

тоже имеет значение для конечного результата и приживаемости несъемной ортопедической реставрации. Краевое несоответствие приводит к образованию толстого цемента, на который влияет среда полости рта, что приводит к растворению цемента и отложению зубной биопленки, микропротечкам, изменению цвета краев, повышенному потоку жидкости десневой борозды, созданию условий для рецидивирования кариеса, инфекций пульпы, поражению пародонта и потере костной массы, что приводит к неэффективности протезирования [6]. Следовательно, для защиты твердой ткани зуба, поверхности раздела тканей и биоматериалов, несъемный зубной протез должен быть конгруэнтным, целостным и долговечным [7].

В литературных источниках отмечается, что нет статистически значимых отличий во внутреннем соответствии совмещающихся реставрациях, изготовленных с помощью компьютерного проектирования и автоматизированного производства, но описывается, что чаще наблюдается внутреннее несоответствие реставраций, изготовленных цифровым способом [8,9,10].

В своих исследованиях Sailer I., Makarov N.A. et al. проводили оценку 4663 металлокерамических и 9434 цельнокерамических реставраций. Статистический анализ исследований выявил, что расчетная сохранность металлокерамических реставраций через 5 лет составляла ОШ=94,7%(95%ДИ(94,1–96,9%)). Металлокерамические реставрации имели статистически значимую низкую потерю ретенции ( $p=0,001$ ), статистически значимую долговечность ( $p=0,001$ ) и статистически значимую меньшую потерю удержания ( $p=0,001$ ), по сравнению с цельнокерамическими реставрациями [11].

Исследователи Pjetursson B.E., Sailer I., Makarov N.A. et al. в своих работах проводили оценку 1796 металлокерамических и 1110 цельнокерамических реставраций. Проведенный статистический анализ показал, что оценочная 5-летняя сохранность металлокерамических реставраций составляла ОШ=94,4% (95%ДИ (91,2–96,5%)). Несмотря на то, что показатель сохранности цельнокерамических реставраций был ниже, чем для металлокерамических, статистически значимых отличий между реставрациями не было зарегистрировано. Отмечалась низкая частота развития кариеса в опорных зубах при протезировании металлокерамическими матрицами, но статистически значимых отличий по отношению к керамическим реставрациям не было выявлено. Показатели сохранности металлокерамических реставраций были выше, и потеря ретенции была ниже, по сравнению с цельнокерамическими реставрациями [12].

Исследователи Hu M.L., Lin H., Zhang Y.D., Han J.M. проводили статистическую обработку клинических ре-

зультатов керамических и металлокерамических одиночных коронок с опорой на имплантаты. Проводилось сравнение по показателю приживаемости металлокерамических матриц ОШ=0,84(0,32–2,23), ( $p=0,730$ ), среднее значение краевой адаптации составляло  $Me=0,33(0,19–0,47)$ , ( $p=0,001$ ), среднее значение потери маргинальной кости  $Me=-0,03(-0,07–0,02)$ , ( $p=0,260$ ), среднее значение глубины зондирования кармана  $Me=-0,07(-0,14–0,00)$ , ( $p=0,060$ ), среднее значение соответствия цвета коронки  $Me=-0,15(-0,29–0,00)$ , ( $p=0,040$ ) и обесцвечивание слизистой оболочки стандартное среднее отклонение составляло  $Me=-0,14(-0,86–0,58)$ , ( $p=0,710$ ). Проводилось сравнение сохранности металлокерамических имплантатов ОШ=1,92(1,26–2,94), ( $p=0,003$ ) по отношению к керамическим. Не наблюдалось статистически значимых отличий между керамическими и металлокерамическими реставрациями с точки зрения выживаемости, потери маргинальной кости, глубины зондирования кармана или изменения цвета слизистой оболочки. Тем не менее, металлокерамические имели лучшую краевую адаптацию и худшее соответствие цвета коронки, чем керамические реставрации [13].

Dammaschke T., Nykiel K., Sagheri D., Schäfer E. в своих наблюдениях проводили оценку влияния металлокерамических реставраций на сопротивление переломам эндодонтически пролеченных зубов. Проводилась оценка зубов после среднего периода эксплуатации 9,7(9,6±2,8) лет. В общей сложности 86,2% эндодонтически пролеченных и восстановленных зубов сохранились за средний период наблюдения 9,7 лет без переломов. Общий период сохранности составил 13,6 (13,4±0,2) года. Все зубы с золотыми частичными коронками сохранились без переломов ( $n=24$ ). Зубы с коронками и адгезивно запломбированными полостями доступа показали средний срок сохранности 15,3(15,1±0,4) года, с коронками и мостовидными протезами 14,0(13,7±0,3), с отдельными металлическими штифтами 13,9(13,2±0,2), с композитными пломбами 13,4 (13,1±0,5), со сборными металлическими штифтами 12,7(12,6±0,6), с пломбами из амальгамы 11,8(11,7±0,6). Зубы с одной или двумя поверхностями, восстановленными амальгамой, композитом показали статистически значимую низкую частоту переломов, чем зубы с тремя и более восстановленными поверхностями ( $p=0,05$ ). Средняя частота переломов зубов, восстановленных с пломбы, была статистически значимо выше по сравнению со всеми другими группами ( $p=0,001$ ). В целом, эндодонтически пролеченные зубы, восстановленные с помощью протезов, продемонстрировали значительно более низкую среднюю частоту переломов, чем зубы, восстановленные с помощью пломб [14].

В своих исследованиях Kinsel R.P., Lin D. проводили клинический анализ у 152 пациентов с 998 стоматологи-

ческими установками (390 одиночных коронок и 94 несъемных частичных протеза), поддерживаемых 729 имплантатами. Было зарегистрировано у 35 пациентов 94 фарфоровых перелома зубных единиц. Переломы были статистически значимо ( $p=0,05$ ) взаимосвязаны с наличием противоположных металлокерамических реставраций с опорой на имплантаты, бруксизмом и отсутствием защитного окклюзионного устройства. Металлокерамические протезы (одиночная коронка или несъемные частичные протезы) имели в 7 раз более высокую вероятность перелома фарфора  $OШ=7,06(95\%ДИ(2,57-19,37))$ , и в 13 раз большую вероятность перелома, требующего либо восстановления, либо замены  $OШ=13,95(95\%ДИ(2,25-86,41))$  при окклюзии с другой реставрацией, поддерживаемой имплантатом, по сравнению с естественным зубом. Было отмечено, что одиночные коронки из металлокерамики с опорой на имплантаты и несъемные частичные протезы имели значительно более высокий риск перелома фарфора у пациентов с привычками к бруксизму, когда не используется защитное окклюзионное устройство, а также когда реставрация противостоит другой металлокерамике с опорой на имплантаты [15].

Влияние несъемных ортопедических конструкций, изготовленных из различных биоматериалов и технологий, на здоровый и патологический пародонт исследовали Spagnuolo, G., Desiderio, C., Rivieccio, V. et al. Отсутствующие зубы у пациентов с частичной адентией были восстановлены с помощью обычного керамического протеза, созданного на основе кобальт-хрома и на основе диоксида циркония, изготовленных с помощью компьютерного проектирования и автоматизированного производства. Состояние полости рта вместе с пародонтом оценивали до и после установки протезов с использованием различных пародонтологических и гигиенических индексов, таких как модифицированный апроксимальный индекс зубного налета и общий пародонтальный индекс. Дополнительно определяли биотип десны с помощью метода прозрачности зонда. Через 12 месяцев ортопедического лечения среднее значение индекса зубного налета практически не изменилось у пациентов с диагностированным пародонтитом как с традиционными реставрациями на основе кобальт-хрома, так и на основе диоксида циркония [7].

Несъемные протезные конструкции могут вызывать воспаление, высвобождение провоспалительных цитокинов и хемокинов, запускающих адаптационные механизмы иммунитета, активацию клеточного и гуморального иммунитета. Эти иммунные процессы играют решающую роль в формировании хронизации воспалительного очага или же активации регенераторных функций с восстановлением поврежденных тканей и с последующей синхронизацией местного гомеостаза. Ercoli и Caton в своих публикациях отметили, что

накопление зубного налета и потеря пародонтального прикрепления коррелируют с типом ортопедических реставраций. Край реставрации, расположенный вблизи соединительного эпителия, может вызвать воспаление пародонта и рецессию десны [16,17].

Наиболее частыми жалобами у испытуемых после протезирования с использованием металлокерамических реставраций традиционного изготовления были изменение цвета десневого сосочка, потемнение краев реставрации и развитие гингивита. Тем не менее, эти клинические симптомы отсутствовали при изготовлении металлокерамических реставраций по компьютерным технологиям, что возможно обусловлено улучшенной краевой адаптацией металлического базиса [18].

Все реставрации находятся в химически сложной среде полости рта с неконтролируемыми нагрузочными элементами, такими как жевательная нагрузка, изменения температуры и pH среды. На эффективность конструкции протеза оказывают влияние биоматериалы, технологии изготовления, навыки техника или факторы, связанные с пациентом.

Биофункциональность протеза относится к функции, которая зависит от биологического содержания. Срок службы металлокерамических конструкций зависит от состояния пародонта опорных зубов, так как слизистая оболочка в этой области подвержена постоянным механическим травмам и бактериальному обсеменению [19,20]. Таким образом, многочисленные факторы, такие как состояние опорных зубов, конструкция промежуточного звена, направление конструкции протеза, окклюзия и биоматериал реставраций оказывают ощутимое влияние на долговечность реставрационной конструкции и должны учитываться при планировании ортопедического лечения.

## ВЫВОДЫ

Перед началом ортопедического лечения необходимо оценить состояние твердых тканей зуба на предмет их гигиенического статуса, а также состояние десен и пародонта. В целом, металлокерамические реставрации имеют статистически значимую износостойкость, меньшую потерю удержания, лучшую краевую адаптацию, низкий процент заболеваемости кариесом, но имеют худшее соответствие цвета коронок.

Реставрации, изготовленные по компьютерным технологиям, обеспечивают лучшие результаты с точки зрения краевого прилегания, уменьшения воспаления, обслуживания и восстановления здоровья пародонта и гигиены полости рта по сравнению с конструкциями, изготовленными традиционным методом и из других сплавов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Muddugangadhar, B.C.; Siddhi, T.; Suchismita, D. Prosthodontic-restorative interrelationship: A major junction. *J. Adv. Oral Res.* 2011, 2, 7–12. <https://doi.org/10.1177/2229411220110102>
2. Mojon, P.; Rentsch, A.; Budtz-Jørgensen, E. Relationship between prosthodontic status, caries, and periodontal disease in a geriatric population. *Int. J. Prosthodont.* 1995, 8, 564–571. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8595117/>
3. Avetisyan, A.; Markaryan, M.; Rokaya, D.; Tovani-Palone, M.R.; Zafar, M.S.; Khurshid, Z.; Vardanyan, A.; Heboyan, A. Characteristics of periodontal tissues in prosthetic treatment with fixed dental prostheses. *Molecules* 2021, 26, 1331. <https://doi.org/10.3390/molecules26051331>
4. Hao, Y.; Huang, X.; Zhou, X.; Li, M.; Ren, B.; Peng, X.; Cheng, L. Influence of dental prosthesis and restorative materials interface on oral biofilms. *Int. J. Mol. Sci.* 2018, 19, 3157. <https://doi.org/10.3390/ijms19103157>
5. Yin, X.J.; Wei, B.Y.; Ke, X.P.; Zhang, T.; Jiang, M.Y.; Luo, X.Y.; Sun, H.Q. Correlation between clinical parameters of crown and gingival morphology of anterior teeth and periodontal biotypes. *BMC Oral Health* 2020, 20, 59. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-1040-x>
6. Heboyan, A. Marginal and internal fit of fixed prosthodontic constructions: A literature review. *Int. J. Dent. Res. Rev.* 2019, 2, 19. <https://doi.org/10.1590/pboci.2022.010>
7. Spagnuolo, G.; Desiderio, C.; Riviaccio, V.; Amato, M.; Rossetti, D.V.; D'Antò, V.; Schweikl, H.; Lupi, A.; Rengo, S.; Nocca, G. In vitro cellular detoxification of triethylene glycol dimethacrylate by adduct formation with N-acetylcysteine. *Dent Mater.* 2013, 29, e153–60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2013.04.023>
8. Keshvad, A.; Hooshmand, T.; Asefzadeh, F.; Khalilnejad, F.; Alihemmati, M.; Van Noort, R. Marginal gap, internal fit, and fracture load of leucite-reinforced ceramic inlays fabricated by cerec inlab and hot-pressed techniques. *J. Prosthodont.* 2011, 20, 535–540. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.2011.00745.x>
9. Guess, P.C.; Vagkopoulou, T.; Zhang, Y.; Wolkewitz, M.; Strub, J.R. Marginal and internal fit of heat pressed versus cad/cam fabricated all-ceramic onlays after exposure to thermo-mechanical fatigue. *J. Dent.* 2014, 42, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.10.002>
10. Freire, Y.; Gonzalo, E.; Lopez-Suarez, C.; Suarez, M.J. The marginal fit of cad/cam monolithic ceramic and metal-ceramic crowns. *J. Prosthodont.* 2019, 28, 299–304. <https://doi.org/10.1111/jopr.12590>
11. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs) [published correction appears in *Dent Mater.* 2016 Dec;32(12): e389-e390]. *Dent Mater.* 2015;31(6):603–623. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.02.011>
12. Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, Zwahlen M, Thoma DS. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs [published correction appears in *Dent Mater.* 2017 Jan;33(1): e48-e51]. *Dent Mater.* 2015;31(6):624–639. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.02.013>
13. Hu ML, Lin H, Zhang YD, Han JM. Comparison of technical, biological, and esthetic parameters of ceramic and metal-ceramic implant-supported fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2020;124(1):26–35.e2. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.07.008> Kekici, A.; Kantarci, A.; Hasturk, H.; Van Dyke, T.E. Inflammatory and immune pathways in the pathogenesis of periodontal disease. *Periodontol.* 2000 2014, 64, 57–80. <https://doi.org/10.1111/prd.12002>
14. Dammaschke T, Nykiel K, Sagheri D, Schäfer E. Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: a retrospective study. *Aust Endod J.* 2013;39(2):48–56. <https://doi.org/10.1111/aej.12002>
15. Kinsel RP, Lin D. Retrospective analysis of porcelain failures of metal ceramic crowns and fixed partial dentures supported by 729 implants in 152 patients: patient-specific and implant-specific predictors of ceramic failure [published correction appears in *J Prosthet Dent.* 2009 Aug;102(2):80]. *J Prosthet Dent.* 2009;101(6):388–394. doi:10.1016/S0022-3913(09)60083-4 [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(09\)60083-4](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(09)60083-4)
16. Ercoli, C.; Caton, J.G. Dental prostheses and tooth-related factors. *J. Clin. Periodontol.* 2018, 45 (Suppl. S20), S207–S218. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12950>
17. Reich, S.; Gozdowski, S.; Trentzsch, L.; Frankenberger, R.; Lohbauer, U. Marginal fit of heat-pressed vs. Cad/cam processed all-ceramic onlays using a milling unit prototype. *Oper. Dent.* 2008, 33, 644–650. <https://doi.org/10.2341/07-162>
18. Diaz, P.I.; Chalmers, N.I.; Rickard, A.H.; Kong, C.; Milburn, C.L.; Palmer, R.J., Jr.; Kolenbrander, P.E. Molecular characterization of subject-specific oral microflora during initial colonization of enamel. *Appl. Environ. Microbiol.* 2006, 72, 2837–2848. <https://doi.org/10.1128/aem.72.4.2837-2848.2006>
19. Pihlstrom, B.L. Periodontal risk assessment, diagnosis and treatment planning. *Periodontol.* 2000 2001, 25, 37–58. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0757.2001.22250104.x>
20. Kazmi, S.M.R.; Iqbal, Z.; Muneer, M.U.; Riaz, S.; Zafar, M.S. Different pontic design for porcelain fused to metal fixed dental prosthesis: Contemporary guidelines and practice by general dental practitioners. *Eur. J. Dent.* 2018, 12, 375–379. [https://doi.org/10.4103/ejd.ejd\\_232\\_18](https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_232_18)

© Барковец Константин Николаевич (barkovets\_k73@mail.ru), Ефимин Александр Викторович (a-efimin@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»