

DOI: 10.18481/2077-7566-2017-13-3-85-88
УДК: 615.462.03: [616.314+616.716]-089.28

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИАМИДНОГО КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНОЧЕЛЮСТНЫХ ПРОТЕЗОВ

Шулятникова О. А., Рогожников Г. И., Леонова Л. Е., Рогожников А. Г.

ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет
им. ак. Е. А. Вагнера» Минздрава России, г. Пермь, Россия

Аннотация

Предмет. Постоянный рост уровня черепно-лицевых травм и новообразований челюстных костей определяет актуальность проблемы улучшения качества лечения пациентов данной категории. В большинстве случаев возникающие эстетико-функциональные нарушения требуют стоматологической ортопедической реабилитации. В статье рассматривается возможность изготовления сложночелюстных протезов из полиамидного термопластичного базисного материала.

Цель — улучшение качества ортопедического лечения больных с приобретенными дефектами челюстных костей.

Методология. Предложено изготавливать конструкции сложно-челюстных протезов из термопластичного полиамида. Разработана рациональная конструкция протеза-обтуратора для верхней челюсти. Для обеспечения доказательной базы использования полиамида проведен биомеханический расчет прочности элементов протеза. Использована классическая постановка задачи механики упругого изотропного тела. В качестве примера конкретного выполнения приведен клинический случай.

Результаты. В условиях нагрузки максимальные напряжения располагаются в зоне небной границы и части протеза с искусственными зубами. При вертикальной и горизонтальной нагрузках максимальное эквивалентное значение напряжений в модели протеза со свойствами акриловой пластмассы выше, чем в модели из полиамида. На поверхности зуба под действием окклюзионной нагрузки максимальные значения располагаются в зоне контакта с окклюзионной накладкой и равны 0,001. Напряжения в самой окклюзионной накладке меньше максимально допустимых напряжений, чем выполняется условие прочности конструкционного материала. На границе зуб — плечо кламмера критические напряжения не возникли.

Выводы. В целом деформации и напряжения соответствуют физически предполагаемому представлению напряженно-деформированного состояния протеза. Биомеханические расчеты модели протеза-обтуратора на верхнюю челюсть из полиамида показали прочностные характеристики, соответствующие предъявляемым требованиям. Конструирование опорно-удерживающего кламмера уменьшает распределение напряжений в опорном зубе на 11% без нарушения фиксации (стабилизации) протеза и с сохранением условий его прочности.

Ключевые слова: верхняя и нижняя челюсти, приобретенные дефекты, протез-обтуратор, полиамид, биомеханический расчет.

Адрес для переписки:

Оксана Александровна ШУЛЯТНИКОВА

к. м. н., доцент кафедры ортопедической стоматологии,
Пермский государственный медицинский университет
им. ак. Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация
anasko06@mail.ru
614007, г. Пермь, ул. Революции, 18–15
Тел. +7(902)8386222

Correspondence address:

Oksana A. SHULIATNIKOVA

Doctor of Philosophy of Medicine, Associate Professor of the
Dentistry Department of the State Budgetary Institution of Higher
Professional Education of the Perm State Medical University
Named After Academician E.A. Wagner, Perm, Russian Federation
anasko06@mail.ru
614007, Perm, Revoljucii, 18–15
+7(902) 8386222

Образец цитирования:

Шулятникова О. А., Рогожников Г. И.,
Леонова Л. Е., Рогожников А. Г.
**БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИАМИДНОГО
КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНОЧЕЛЮСТНЫХ ПРОТЕЗОВ**
Проблемы стоматологии, 2017, т. 13, № 3, стр. 85–88
© Шулятникова О. А. и др. 2017

For citation:

Shuljatnikova O.A., Rogozhnikov G.I.,
Leonova L.E., Rogozhnikov A.G.
**THE PROSPECTS AND POSSIBILITIES OF USE OF
THE WARNERIN NIZKOMOLKULYARNY CATIONIC
PEPTIDE IN PRACTICAL ACTIVITIES OF THE
DENTIST (EXPERIMENTAL CLINICAL TRIAL)**
The problems of dentistry,
2017. Vol. 13, № 3, pp. 85–88

THE PROSPECTS AND POSSIBILITIES OF USE OF THE WARNERIN NIZKOMOLKULYARNY CATIONIC PEPTIDE IN PRACTICAL ACTIVITIES OF THE DENTIST (EXPERIMENTAL CLINICAL TRIAL)

Shuliatnikova O. A., Rogozhnikov G. I., Leonova L. E., Rogozhnikov A. G.

The Perm State Medical University of the Academician E. A. Wagner, Perm, Russian Federation

JEL classification: Y10, Y80.

Abstract

Importance The constant increase in the level of craniofacial injuries and neoplasms of the jaw bones determines the urgency of the problem of improving the quality of treatment for patients in this category. In most cases, emerging aesthetic-functional disorders require dental orthopedic rehabilitation. The article considers the possibility of manufacturing complex-jaw prostheses from polyamide thermoplastic basic material.

Objectives Improving the quality of orthopedic treatment of patients with acquired jaw bone defects.

Methods It is offered to make designs of complex-jaw prostheses from thermoplastic polyamide. A rational design of the prosthesis-obturator for the upper jaw was developed. To provide an evidence base for the use of polyamide, a biomechanical calculation of the strength of the prosthetic elements was carried out. The classical statement of the problem of the mechanics of an elastic isotropic body is used. An example of a specific implementation is the clinical case.

Results Under stress conditions, the maximum stresses are located in the zone of the palatine border and part of the prosthesis with artificial teeth. With vertical and horizontal loads, the maximum equivalent stress value in the prosthesis model with acrylic plastic properties is higher than in the polyamide model. On the surface of the tooth under the influence of occlusal load, the maximum values are located in the contact zone with the occlusal patch and are 0.001. The stresses in the occlusal cover itself are less than the maximum permissible stresses, than the structural strength condition is satisfied. At the boundary of the clamp's tooth-shoulder, no critical stresses arose.

Conclusions and Relevance In general, deformations and stresses correspond to the physically supposed representation of the stress-strain state of the prosthesis. Biomechanical calculations of the prosthesis-obturator model on the upper jaw made of polyamide showed strength characteristics corresponding to the requirements. The construction of the support-retaining clamp reduces the distribution of stresses in the supporting tooth by 11%, without disturbing the fixation (stabilization) of the prosthesis, while maintaining its strength conditions.

Keywords: upper and lower jaw, acquired defects, prosthetic obturator, polyamide, biomechanical calculation.

Введение

По данным ВОЗ, последние два года в мире черепно-лицевые травмы составили около 40% от всех видов травм. При этом в 60% случаев возраст пострадавших не превышает 40 лет, а инвалидность, по данным Копецкого И. С. (2012) достигает 42%. В структуре заболеваемости взрослого населения РФ травмы челюстно-лицевой области (ЧЛО) занимают 10-е место, а повреждение челюстных костей за последнее десятилетие увеличилось в 3 раза. Среди общего количества травматологических больных повреждения ЧЛО наблюдаются в 18% случаев. Одновременно наблюдается рост количества больных с наличием новообразований челюстных костей, потеря целостности которых влечет развитие стойких эстетико-функциональных нарушений, тяжесть которых определяется объемом дефекта ЧЛО [1]. В 55% случаев от общего количества обратившихся пациентов возникающие нарушения требуют стоматологической ортопедической реабилитации, актуализируя вопрос совершенствования и модификации конструкций сложночелюстных аппаратов и протезов [2]. При этом на ортопедическом этапе лечения наибольшую трудность представляют приобретенные дефекты верхней челюсти с наличием ороназального сообщения, когда приходится решать вопросы фиксации сложночелюстного протеза, восполнения эстетическо-функциональной целостности зубочелюстной системы и создания герметизма на границе сообщения полости рта с полостью носа [3].

В настоящее время доля изготовленных конструкций протезов, в том числе сложночелюстных, из пластмасс

акрилового ряда составляет порядка 98% [4]. Полимеры акрилового ряда имеют ряд существенных и общеизвестных недостатков, но, по мнению некоторых авторов, адекватной альтернативы акриловым пластмассам в ортопедической стоматологии до сих пор нет [5, 6].

Целью данной работы явилось улучшение качества ортопедического лечения больных с приобретенными дефектами челюстных костей.

Материалы и методы исследования

Анализируя физико-механические, эстетические и технологические характеристики базисных материалов, представленных на российском стоматологическом рынке, наше внимание привлекли полиамидные термопласты, имеющие минимальную усадку в процессе изготовления протеза (до 1%), небольшой удельный вес (менее 1,04 г/см³), отсутствие остаточного мономера и металлических конструктивных частей, возможность проведения при необходимости лабораторной коррекции (перебазировки) протезов. По нашему мнению, данные материалы имеют определенные преимущества для использования их в сложночелюстном протезировании [7], в частности, Vertex ThermoSens (Vertex-Dental B. V., Нидерланды), который используют в настоящее время по рекомендации фирмы-производителя для изготовления частичных и полных съемных протезов. При конструировании сложночелюстных протезов с применением полиамидного термопласта появляется возможность снизить нагрузку на зубы здоровой половины челюсти за счет приме-

нения денто-альвеолярных и опорно-удерживающих кламмеров, облегчить вес сложно-челюстного протеза с возможностью изготовления точных, эстетичных, комфортных в использовании конструкций с минимальной пористостью.

Нами предложена конструкция протеза-обтуратора для верхней челюсти из полиамидного термопласта (патент РФ на полезную модель № 172668, 18.07.2017). Для обеспечения доказательной базы преимущества и рациональности предложенной конструкции был проведен биомеханический расчет прочности элементов протеза. Использована классическая постановка задачи механики упругого изотропного тела, состоящая из уравнений равновесия, геометрических соотношений Коши и закона Гука.

Для создания трехмерной (3D) модели твердого тела изготовлен аналог протеза и с помощью 3D-сканера Artec Eva получена серия снимков конструкции (рис. 1), которые обрабатывали с использованием специализированного программного пакета ANSYS Workbench.

Основной задачей исследования явилась проверка прочности предложенного протеза из базисного материала Vertex ThermoSens под действием максимальной жевательной нагрузки. Расчеты были произведены методом конечных элементов. Напряжения сжатия и растяжения, сдвиговые напряжения объединялись и анализировались с использованием напряжений по Мизесу, что позволяло быстро определить наиболее опасную область в модели. Сравнивали полученные результаты исследования полиамида Vertex ThermoSens с традиционно используемым конструкционным

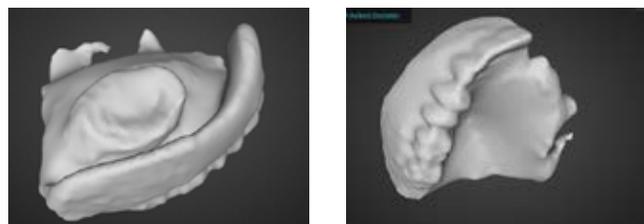


Рис. 1. Расчетные трехмерные модели, полученные со сканера.

Fig. 1. Calculated 3D models obtained from the scanner.

Источник: данные авторского исследования.

Source: Data of an author's research.



Рис. 2. Схема нагружения опорного зуба при биомеханических расчетах:

а — без окклюзионной накладки; б — с окклюзионной.

Fig. 2. Scheme of loading of the supporting tooth with biomechanical calculations: а — without occlusal lining; б — with occlusal overlay.

Источник: данные авторского исследования.

Source: Data of an author's research.

материалом — акриловой пластмассой, механические свойства которой были взяты из справочной литературы [Бетельман А. И., 1965].

Также оценивали напряженно-деформированное состояние протеза после его наложения на протезное ложе при взаимодействии с податливой слизистой оболочкой и костной тканью верхней челюсти. Механические свойства слизистой оболочки задавались из литературных данных — $E = 30 \text{ МПа}$ и $\nu = 0,45$ соответственно. В сравнительном аспекте исследовали статическую окклюзионную нагрузку к двум моделям: в одном случае — с окклюзионной накладкой, в другом — без накладки (рис. 2). Значение нагрузки бралось из литературных данных и составило 720Н.

Результаты, обсуждение и выводы

Необоснованный выбор конструкционного материала протеза способен приводить к возникновению высоких напряжений в самом протезе и разрушению его компонентов. Кроме этого, чрезмерное напряжение протеза-обтуратора в зоне контакта с протезным ложем является одной из потенциальных причин неравномерной атрофии костной ткани данной области. Поэтому оценка пикового уровня напряжений в конструкции имела важное значение. В условиях нагрузки максимальные напряжения расположены в зоне небной границы и части протеза с искусственными зубами. При вертикальной нагрузке максимальное эквивалентное значение напряжений в модели протеза со свойствами акриловой пластмассы — 32,14 МПа, а в модели из предложенного материала это же значение составило 30,88. Максимальные напряжения при горизонтальной нагрузке присутствуют в модели со свойствами полиамидного материала, составив 46,5 МПа, а акриловой пластмассы — 42,37 (см. рис. 3). В целом его деформации и напряжения соответствуют физически предполагаемому представлению напряженно-деформированного состояния протеза.

Распределение напряжений на поверхности зуба под действием окклюзионной нагрузки показало максимальные напряжения в зоне контакта с окклюзионной накладкой (35 МПа). Исключение последней из конструкции кламмера приводит к увеличению эквивалентных напряжений на 11% (39 МПа). Таким образом, полиамидная окклюзионная накладка позволяет снизить напряжения в зубе, что является более физиологичным

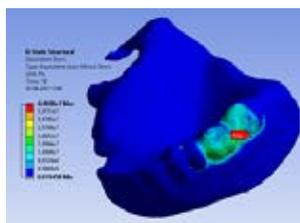


Рис. 3. Поле эквивалентных напряжений и максимальные значения при горизонтальной нагрузке.

Fig. 3. Equivalent stress field and maximum values for horizontal load.

Источник: данные авторского исследования.

Source: Data of an author's research.

при окклюзионной нагрузке и щадящим при дефектах костной ткани верхней челюсти.

Напряжения в самой окклюзионной накладке определяли меньше максимально допустимых напряжений, то есть выполняли условие прочности конструкционного материала (6 МПа). На границе зуб–плечо кламмера критические напряжения не возникли. Максимальные деформации определены в области нагрузки и равны 0,001, что говорит о достаточной стабильности и хорошей фиксации конструкции.

Таким образом, биомеханические расчеты модели протеза-обтуратора на верхнюю челюсть, изготовленного из термопластичного материала Vertex ThermoSens,

показали прочностные характеристики, соответствующие требованиям ГОСТ 31572–2012 «Материалы полимерные для базисных зубных протезов. Технические требования. Методы испытаний» и международному стандарту ISO 1567:1999 Dentistry — Denturebasepolymers (Стоматология. Полимеры для базисов зубных протезов), а конструирование опорно-удерживающего кламмера уменьшает распределение напряжений в опорном зубе без нарушения фиксации (стабилизации) протеза с сохранением условий его прочности. Данные факты позволяют рекомендовать базисный материал Vertex для изготовления сложночелюстных протезов в повседневной практике врача-стоматолога-ортопеда.

Литература

1. Копецкий, И. С. Огнестрельные ранения челюстно-лицевой области мирного времени / И. С. Копецкий // Вестник РГМУ. — 2012. — № 1. — С. 12-15.
2. Лечение больных с дефектами челюстных костей / Ф. И. Кислых, Г. И. Рогожников, М. Д. Кацнельсон [и др.]. — Москва: Медицинская книга, Нижний Новгород: Изд-во НГМА, 2006. — 196 с.
3. Причины возникновения челюстно-лицевых дефектов и потребности больных в ортопедической реабилитации / А. С. Арутюнов, И. С. Кицул, И. Ю. Лебеденко, В. Г. Васильев [и др.] // Российский стоматологический журнал. — 2010. — № 6. — С. 42-45.
4. Зотов, А. И. Базисные полимеры, применяемые в стоматологии для изготовления съёмных пластиночных протезов и аппаратов / А. И. Зотов, Д. Н. Демченко // Молодой ученый. — 2015. — № 13. — С. 270-274.
5. Доступная методика определения предела допустимой концентрации (ПДК) свободного мономера в съёмных протезах из акриловых базисных пластмасс, применяющихся у лиц пожилого и старческого возраста (экспериментальное исследование) / Ю. В. Чижов, Л. Е. Маскадынов, Т. В. Казанцева, Е. Н. Маскадынов [и др.] // Клиническая геронтология. — 2016. — № 1-2. — С. 64-69.
6. Ворожко, А. А. Возможности индивидуального подхода к планированию ортопедического лечения с учетом аллергического анамнеза пациента / А. А. Ворожко, В. А. Клемин // Современная ортопедическая стоматология. — 2015. — № 23. — С. 27-29.
7. Экспериментально-лабораторное исследование образования микробной пленки *Staphylococcus epidermidis* 33 на полимерном стоматологическом материале с введенным в его состав наноразмерным диоксидом титана / Г. И. Рогожников, О. А. Шулятникова, В. П. Коробов, Л. М. Лемкина // Проблемы стоматологии. — 2017 (13). — № 1. — С. 41-45.

References

1. Kopeckij I.S. [Gunshot wounds of maxillofacial area of peace time]. *Vestnik RGMU = RGMU bulletin*, 2012, no. 1, pp. 12-15. (In Russ.)
2. Kislyh F.I., Rogozhnikov G.I., Kacnel'son M. D. et al. *Lechenie bol'nyh s defektami cheljustnyh kostej* [Treatment of patients with jaw bone defects]. Moscow, Medicinskaja kniga, Nizhnij Novgorod: Izd-vo NGMA, 2006, 196 p.
3. Arutjunov A. S., Kicul I. S., Lebedenko I. Ju., Vasil'ev V. G., Popova I. N., Sanodze D. O., Grachev D. I. [Causes of maxillofacial defects and need of patients for orthopedic rehabilitation]. *Rossijskij stomatologicheskij zhurnal = Russian dental magazine*, 2010, no. 6, pp. 42-45. (In Russ.)
4. Zotov A. I., Demchenko D. N. [Basic polymers used in dentistry for manufacturing removable plate prostheses and devices]. *Molodoj uchenyj = Young Scientist*, 2015, no. 13, pp. 270-274. (In Russ.)
5. Chizhov Ju. V., Maskadynov L. E., Kazanceva T. V., Maskadynov E. N. et al. [An accessible technique for determining the limit of the permissible concentration (MPC) of free monomer in removable prostheses from acrylic base plastics used in elderly and senile people (experimental study)]. *Klinicheskaja gerontologija = Clinical gerontology*, 2016, no. 1-2, pp. 64-69. (In Russ.)
6. Vorozhko A. A., Klemin V. A. [Possibilities of an individual approach to orthopedic treatment planning taking into account the patient's allergic anamnesis]. *Sovremennaja ortopedicheskaja stomatologija = Modern orthopedic dentistry*, 2015, no. 23, pp. 27-29. (In Russ.)
7. Shuliatnikova O. A. et al. [Experimental-laboratory study of the formation of the microbial film *Staphylococcus epidermidis* 33 on a polymeric dental material with nanosized titanium dioxide introduced into its composition]. *Problemy stomatologii = Problems of dentistry*, 2017 (13), no. 1, pp. 41-45. (In Russ.) DOI: 10.18481/2077-7566-2017-13-1-41-45

Авторы:

Оксана Александровна ШУЛЯТНИКОВА
к. м. н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация. anasko06@mail.ru
Геннадий Иванович РОГОЖНИКОВ
д. м. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация. info@digident.ru
Людмила Евгеньевна ЛЕОНОВА
д. м. н., профессор, заслуженный врач РФ, кафедра стоматологии факультета дополнительного профессионального образования, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация anasko06@mail.ru
Алексей Геннадьевич РОГОЖНИКОВ
к. м. н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация alekstomat@yandex.ru

Authors:

Oksana A. SHULIATNIKOVA
Doctor of Philosophy of Medicine, Associate Professor of the Dentistry Department of the State Budgetary Institution of Higher Professional Education of the Perm State Medical University Named After Academician E. A. Wagner, Perm, Russian Federation. anasko06@mail.ru
Gennadij I. ROGOZHNIKOV
MD, Professor, Head of the department of orthopedic stomatology of Prosthetic Dentistry of the Perm State Medical University of the Academician E. A. Wagner, Perm, Russian Federation. info@digident.ru
Ludmila E. LEONOVA
MD, Professor, Head of the department of Dentistry of the Faculty of Additional Vocational Education of the Perm State Medical University of the Academician E. A. Wagner, Perm, Russian Federation. anasko06@mail.ru
Aleksej G. ROGOZHNIKOV
Doctor of Philosophy of Medicine, Associate Professor of the Dentistry Department of the State Budgetary Institution of Higher Professional Education of the Perm State Medical University of the Academician E. A. Wagner, Perm, Russian Federation alekstomat@yandex.ru

Поступила 25.08.2017 Received
Принята к печати 19.09.2017 Accepted