

# Биомеханическое виртуальное планирование напряженно-деформированного состояния функционального жевательного центра

Л. Н. Щербаков<sup>1</sup>, Ю. П. Мансур<sup>1</sup>, Д. В. Верстаков<sup>1</sup>, Т. С. Кочконян<sup>2</sup>, Д. А. Доменюк<sup>3</sup>, Е. Н. Иванчева<sup>3</sup>, С. Д. Доменюк<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

<sup>4</sup> ФГАУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

## РЕЗЮМЕ

Особенностью математического моделирования и изучения комплексного трёхмерного биомеханического объекта является возможность достижения единства геометрических, физико-механических и биологических показателей с индивидуальными особенностями пациента. Достаточно актуальной проблемой клинической стоматологии является выработка рекомендаций по особенностям распределения жевательного давления у пациентов со сбалансированными окклюзионно-артикуляционными взаимоотношениями зубных рядов. В настоящей работе рассматривается один из аспектов указанной проблемы, связанной с моделированием напряженно-деформированного состояния функционального жевательного центра, локализуемого в области первых моляров и премолярной группы верхней и нижней челюстей при физиологической окклюзии. Для определения биомеханических показателей функционального жевательного центра проведён анализ напряженно-деформированного состояния математических моделей данного фрагмента зубочелюстной системы с использованием метода конечных элементов. При разработке модели биомеханической системы окружающие биологические ткани были рассмотрены дискретно по строению и физико-механическим свойствам: дентин, эмаль, периодонт, кость, цемент. Предложена методика анализа моделей функционального жевательного центра, позволяющая устанавливать взаимосвязь между величинами и направлениями функциональных нагрузок, а также внутренними напряжениями и деформациями. В результате проведенного анализа напряженно-деформированного состояния геометрических и конечно-элементных моделей получены распределения максимальных деформаций и напряжений в данном участке под действием заданных нагрузок. Установлено, что в условиях данной математической модели максимальными амортизирующими свойствами обладают участки верхушечного периодонта зубов, а функциональный жевательный центр приравнен к статической системе. Возможности современного компьютерного программного обеспечения позволяют расширить представления об участках концентрации напряжений при вариации параметров нагрузки в функциональном жевательном центре для определения наиболее «критических» зон с целью прогнозирования и профилактики развития отдаленных осложнений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** напряженно-деформированное состояние, функциональный жевательный центр, физиологическая окклюзия, метод конечных элементов, биомеханическая система, математическая модель.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## *Biomechanical virtual planning of the stress-strain state of the functional masticatory center*

L. N. Shcherbakov<sup>1</sup>, Yu. P. Mansur<sup>1</sup>, D. V. Verstakov<sup>1</sup>, T. S. Kochkonyan<sup>2</sup>, D. A. Domyuk<sup>3</sup>, E. N. Ivancheva<sup>3</sup>, S. D. Domyuk<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Volgograd State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

<sup>2</sup> Kuban State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

<sup>3</sup> Stavropol State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

<sup>4</sup> North Caucasus Federal University, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

## SUMMARY

A feature of mathematical modeling and study of a complex three-dimensional biomechanical object is the ability to achieve unity of geometric, physical, mechanical and biological indicators with the individual characteristics of the patient. A rather urgent problem of clinical dentistry is the development of recommendations on the distribution of masticatory pressure in patients with balanced occlusal-articulation relationships of the dentition. This paper considers one of the aspects of this problem associated with modeling the stress-strain state of the functional masticatory center, which is localized in the region of the first molars and the premolar groups of the upper and lower jaws during physiological occlusion. To determine the biomechanical parameters of the functional masticatory center, an analysis of the stress-strain state of mathematical models of this fragment of the dentition was carried out using the finite element method. When developing a model

of a biomechanical system, the surrounding biological tissues were considered discretely in terms of structure and physical and mechanical properties: dentin, enamel, periodontium, bone, cement. A technique for analyzing models of the functional masticatory center is proposed, which makes it possible to establish the relationship between the magnitudes and directions of functional loads, as well as internal stresses and deformations. As a result of the analysis of the stress-strain state of geometric and finite element models, the distributions of maximum strains and stresses in a given section under the action of specified loads were obtained. It has been established that under the conditions of this mathematical model, the areas of the apical periodontium of the teeth have the maximum shock-absorbing properties, and the functional masticatory center is equated to a static system. The capabilities of modern computer software make it possible to expand the understanding of areas of stress concentration with varying load parameters in the functional masticatory center in order to determine the most "critical" zones in order to predict and prevent the development of long-term complications.

**KEYWORDS:** stress-strain state, functional masticatory center, physiological occlusion, finite element method, biomechanical system, mathematical model.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

Структура традиционной стоматологической помощи преимущественно ориентирована на врачебную диагностику и лечение стоматологической патологии с использованием биомедицинского подхода, заключающегося в поиске и устранении конкретной проблемы. Целесообразность биомедицинского подхода, рассматривающего пациентов как пассивных получателей медицинской помощи, от которых ожидается согласие с оценками специалистов и соблюдение рекомендаций, преимущественно оправдано для профилактики неотложных состояний и осложнений общих заболеваний (обморок, шок, коллапс и т. д.) при выполнении стоматологических манипуляций [1–2].

Для достижения высокого качества медицинской помощи современное здравоохранение рекомендует использовать тесное взаимодействие между врачами различных специальностей, участвующих в оказании помощи, с привлечением самих пациентов. Объём предоставляемой медицинской помощи с использованием высокотехнологичного оборудования и квалифицированных врачей различной профильной направленности, направлен на поддержание здоровья пациентов в длительной перспективе с учетом принципов пациент-ориентированного подхода [3–4]. Цель пациент-ориентированного подхода включает в себя оптимизацию качества жизни пациента, поэтому при оказании медицинской помощи, в том числе и стоматологической, в дополнение к выявлению основных проблем, необходимо оценить ресурсы организма, потребности и личные ценности человека. Пациент-ориентированная модель имеет комплексный подход и охватывает все проблемы (физические, функциональные, психологические и социальные), с участием междисциплинарного взаимодействия специалистов медицинских или социальных учреждений на всех этапах лечения и реабилитации пациента [5–7].

Особое значение в клинике ортопедической стоматологии и ортодонтии уделяется окклюзионному статусу пациентов с учетом индивидуальных особенностей челюстно-лицевой области и расположения костных элементов височно-нижнечелюстного сустава при различном положении зубов [8–10]. Полученные данные определяют особенности конструирования окклюзионной плоскости при лечении пациентов с аномалиями и дефектами зубных дуг, особенно при снижении высоты прикуса [11–13]. Специалистами доказано, что нарушение функционирования жевательного центра отображается на работе мышечного комплекса жевательного органа [14].

Представлена комплексная оценка физиологической окклюзии постоянных зубов у людей с различными гнатическими и дентальными типами лица и зубных дуг, показаны анатомические особенности взаимозависимости основных параметров зубных дуг и их окклюзионных взаимоотношений с учетом индивидуальных параметров кранио-фациального комплекса при различных вариантах физиологической окклюзии [15–19]. Исследователями научно обоснованы данные о расположении жевательного центра в зубной дуге, что отображено в методиках графического построения зубных дуг [19–20].

По результатам разработанного авторами алгоритма установления соразмерности типов лица и зубных дуг убедительно доказано, что каждому гнатическому и диагональному типу лица соответствует одноименный аркадный и дентальный тип зубной системы [21–23].

В научной литературе широко представлены сведения о вариациях краниофациального комплекса и границах индивидуальной изменчивости параметров зубочелюстной системы, при этом вопросам изучения жевательных сегментов зубных дуг уделено особое внимание [24].

Специалистами отмечены различия в повороте зубов в зубной дуге, определяющих угол ротации антимеров с учетом типологических характеристик зубных дуг. Данные особенности отображаются на размерах зубных дуг, как в сагиттальном, так и в трансверсальном направлениях [25–26].

Основополагающими условиями статичного состояния зубочелюстного аппарата является функциональный жевательный центр, локализующийся в области первых моляров и премоляров обеих челюстей. В связи с этим представлены многочисленные сведения по одонтологии и одонтоглифике окклюзионной поверхности жевательных зубов, которые позволяют оценивать ее рельеф и визуализировать пространственную картину окклюзионных взаимоотношений [27–30]. При проведении биометрических исследований зубных дуг преимущественно используются гипсовые модели челюстей [31], однако для составления наиболее полной рентгеноморфометрической картины жевательной группы зубов обосновано применение лучевой диагностики, включая конусно-лучевую компьютерную томографию [32–35].

Систематизированные с учётом типологических особенностей пациента результаты одонтоскопических и одонтометрических исследований имеют прикладную значимость в клинике стоматологии и ортодонтии на эта-

пах моделирования протетических конструкций и проведения прямых эстетических реставраций при лечении пациентов с зубочелюстной патологией [36–38].

Сохраняют актуальность вопросы изучения полового диморфизма постоянных зубов человека, результаты исследований которых являются чрезвычайно востребованными не только в клинике реставрационной стоматологии при моделировании и восстановлении зубов, но и в практике судебно-медицинской экспертизы для идентификации личности по стоматологическому статусу. Авторами отмечена недостаточность использования признаков половой принадлежности зубов при идентификации неопознанных трупов и живых лиц, а также розыска пропавших без вести людей в случаях крупномасштабных катастроф природного, техногенного, экологического и социального характера [39–40]. Большинство биометрических методов исследования и особенности функционирования жевательных зубов подробно изложены в учебной литературе по морфологическим дисциплинам [41–44]. Представлены возможности и обоснована эффективность применения биометрии, как в клинической стоматологии, так и в оценке типологической принадлежности зубных дуг с учётом предложенных классификаций [45–46].

В настоящее время большинство специалистов отмечают высокую распространенность аномалий (деформаций) зубочелюстной системы и обосновывают необходимость индивидуализированного подхода к проведению диагностических мероприятий, а также выбору тактики лечения данной категории пациентов [47–50]. Для оптимизации объёма и характера стоматологической помощи у пациентов с окклюзионной патологией авторами исследованы особенности метаболизма костной ткани и функциональные сдвиги в системе орального гомеостаза [51–53].

Полноценное функционирование зубной системы определяется состоянием тканей пародонта и, в особенности, зубов функционального жевательного центра. Наиболее выраженные изменения в пародонтальном комплексе, оказывающие влияние на функционирование жевательного центра, установлены при общесоматической патологии, в частности, при сахарном диабете [54–57].

Согласно данным научной литературы, вопросы диагностики окклюзионных взаимоотношений не утратили своей значимости, а высокая частота распространенности окклюзионных нарушений среди пациентов с различными нозологическими формами заболеваний пародонта предопределяет дальнейшее совершенствование диагностических алгоритмов и выбор оптимальных методов коррекции окклюзии [58–60].

Авторы констатируют, что у пациентов с функциональными нарушениями и различным состоянием зубных рядов, сочетающимися с окклюзионными аберрациями, для постановки диагноза и разработки плана комплексной стоматологической реабилитации в мультидисциплинарном аспекте целесообразно проведение тщательного анализа окклюзионных взаимоотношений с применением компьютерных технологий, изучение показателей динамической окклюзии с определением центральных

и эксцентрических суперконтактов, а также цифровое планирование терапевтических мероприятий с привлечением врачей различной профильной направленности [61–66].

Целесообразность анализа биомеханических процессов и закономерностей передачи нагрузок в зубочелюстной системе требует углублённого изучения вопросов теоретического моделирования клинических ситуаций и оценки напряженно-деформированных состояний методом конечных элементов. Формируемые с помощью компьютерных технологий конечноэлементные модели позволяют с прецизионной точностью получать геометрические характеристики трёхмерных пространственных объектов в виртуальном пространстве. Метод конечных элементов позволяет теоретически спрогнозировать напряженно-деформированное состояние элементов и узлов конструкций с учетом их реальных геометрических размеров и формы, условий нагружения и закрепления, физико-механических свойств материалов (упругость и характер деформации), используемых в данной конструкции [67–68].

С помощью программ математического моделирования, реализующих метод конечных элементов, изучены следующие направления в прикладном стоматологическом материаловедении: процессы напряженно-деформированного состояния в механической системе «протез-имплантат-кость» и «опорные зубы-адгезивный мостовидный протез с арамидной нитью»; сравнительный анализ биомеханических и клинических характеристик стекловолоконных и металлических штифтов, а также штифтово-культевых вкладок; оценка напряженно-деформированного состояния различных конструкций штифтовых зубных протезов; анализ напряженно-деформированного состояния в слизистой оболочке и костной ткани альвеолярных отростков челюстей при использовании различных видов замковых креплений бюгельных протезов; влияние формы культы препарированного зуба на напряженно-деформированное состояние цельнокерамических виниров; оценка напряженно-деформированного состояния в системе «костная ткань-имплантат» при анализе телескопической и балочной фиксации съёмных протетических конструкций с использованием пакета программ AN-SYS; влияние пространственного расположения, размеров и числа опорных зубов в норме и при различной степени атрофии костной ткани на напряженно-деформированное состояние пародонта; характеристика напряженно-деформированного состояния реконструктивного лиофилизированного аллогенного костного имплантата при изменении его конструктивных особенностей; влияние консольного элемента в несъемной ортопедической конструкции с опорой на дентальные имплантаты на напряженно-деформированное состояние костной ткани [69–71].

Несмотря на достаточное количество опубликованных научных работ по данной тематике, сведения о напряженно-деформированном состоянии функционального жевательного центра при физиологической окклюзии постоянных зубов не представлены, что и послужило целью настоящего исследования.

**Цель исследования:** изучить напряженно-деформированное состояние функционального жевательного центра при физиологической окклюзии в прикусе постоянных зубов.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования является аналитическая расчетная модель, включающая в себя фрагменты альвеолярного отростка и альвеолярной части с зубами, составляющими функциональный жевательный центр. Геометрическую конфигурацию элементов модели создавали в упрощенном варианте, что не позволяет использовать ее в должной мере для получения абсолютных величин напряжений, при этом для данной модели были использованы максимальные размеры из среднестатистических. Определение напряженно-деформированного состояния модели, построенной с учетом среднестатистических данных работы, осуществляли в рамках сформулированной плоской статической контактной задачи, учитывающей дискретное расположение сопряжений зубов и наличие в них сил трения. Специфика моделирования связана с тем, что конфигурация элементов зубного ряда обуславливает случайный характер расположения областей первоначального контакта зубов и их эволюционное развитие в процессе поэтапного нагружения.

Геометрическая и конечно-элементная модель функционального жевательного центра показаны на рисунках 1 и 2. Упругие свойства материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Упругие свойства материалов

Исследуемые ткани	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент поперечных деформаций (коэффициент Пуассона)
Дентин	$1,56 \times 10^9$	0,31
Эмаль	$2,7 \times 10^9$	0,26
Периодонт	5,0	0,45
Кость	$2,0 \times 10^4$	0,30
Цемент	$2,0 \times 10^4$	0,30

Представленные результаты получены при действии нормальной нагрузки 100 Н. Вертикальная механическая нагрузка передавалась от подвижной нижней челюсти посредством зубного ряда к неподвижной верхней челюсти.

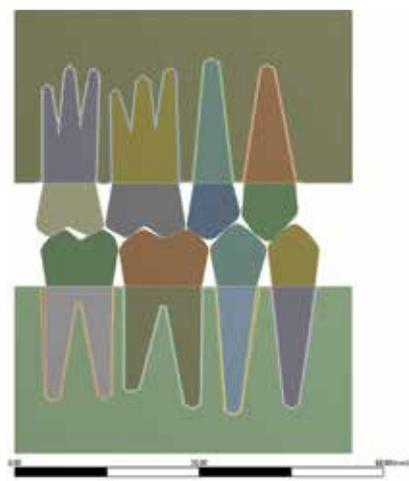


Рисунок 1. Геометрическая модель

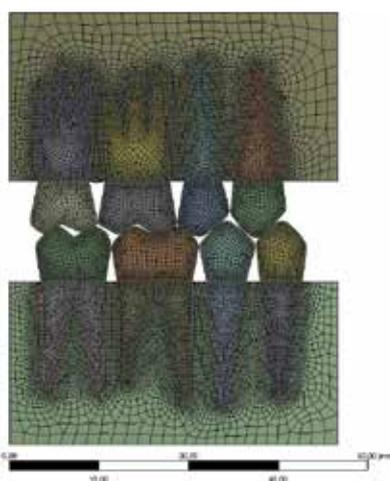


Рисунок 2. Конечноэлементная модель

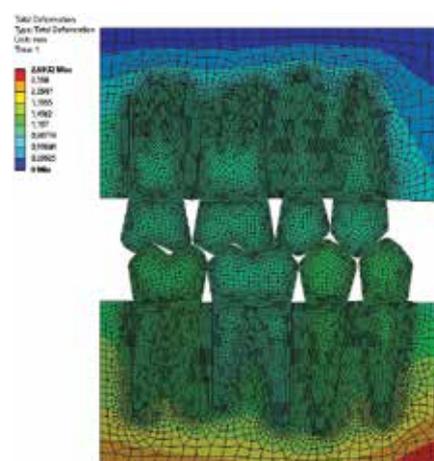


Рисунок 3. Напряженно-деформированное состояние модели

Геометрическая модель (рис. 1) представляет собой фрагменты альвеолярного отростка и альвеолярной части с расположенными в толще костной ткани зубами, представляющими функциональный жевательный центр.

Толщина периодонтальной связки задана как 0,25 мм. Вторые моляры на данной модели представлены в виде факторов, обеспечивающих стабилизацию функционального жевательного центра в дистальном направлении. Разбиение модели на узлы и области, через которые перераспределяются перемещения и напряжения, представлены на рис. 2. Разбиение моделей выполнено с помощью сеточного генератора.

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования показали особенности распределения деформаций и напряжений исследуемого объекта. Их анализ показывает, что максимальные упругие деформации сконцентрированы по плоскости приложения силы, а именно – по нижнему краю тела нижней челюсти. На рисунке они представлены полями, окрашенными в красные и желтые цвета. Они значительно уменьшаются в апикальной области нижних зубов функционального жевательного центра. Сам функциональный жевательный центр находится в области средних значений перемещений. Что характерно, нижний моляр и верхняя молярно – премолярная группа находятся в области меньших перемещений, нежели премоляры и второй моляр нижней челюсти, что представлено на рис. 3. Поля этих перемещений окрашены в зеленый цвет и несут средние значения, представленные в шкале перемещений.

По мере удаления от плоскости приложения силы деформации стремятся к минимальным значениям. Можно отметить, что в целом функциональный жевательный центр находится в области равномерно распределенных деформаций, которые могут обеспечивать одинаковое функциональное состояние интересующей нас области.

На рис. 4 изображено векторное представление перемещений в области коронок зубов функционального жевательного центра.

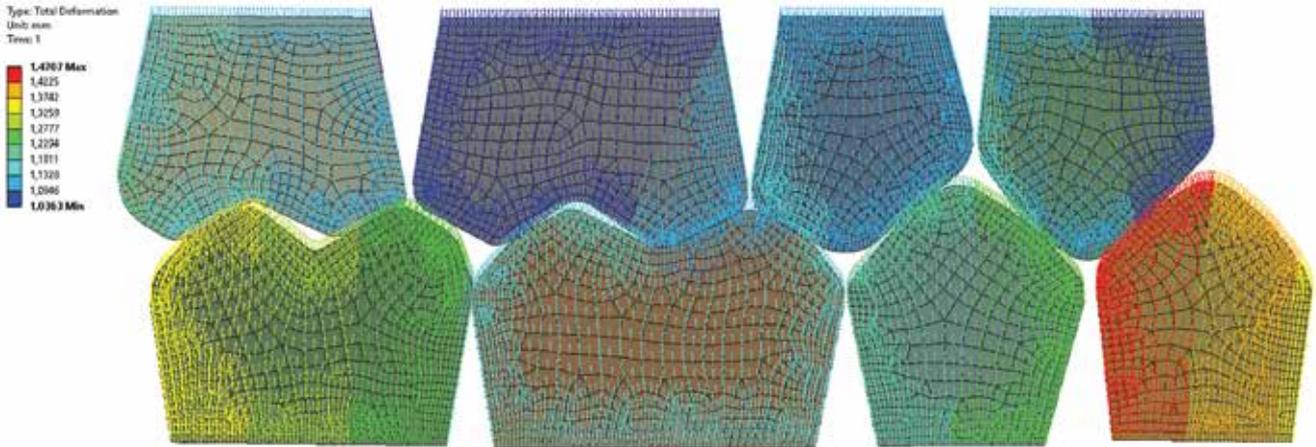


Рисунок 4. Векторные поля перемещений в коронках зубов

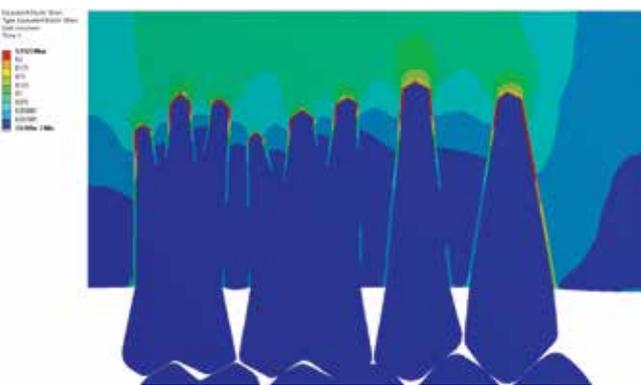


Рисунок 5. Распределение деформаций в периодонте и окружающей костной ткани

Векторные поля показывают, что упругие деформации представлены в твердых тканях зубов неравномерно. Максимальные деформации в данных условиях моделирования сосредоточены в области коронки нижнего моляра. В целом можно отметить, что деформированное состояние коронок верхних зубов функционального жевательного центра существенно меньше выражено по сравнению с нижними зубами. Это наглядно демонстрируют преобладающая область синих полей, характеризующаяся минимальными значениями.

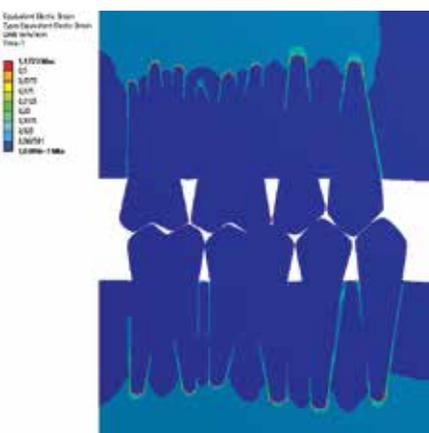


Рисунок 6. Деформированное состояние периодонте зубов функционального жевательного центра

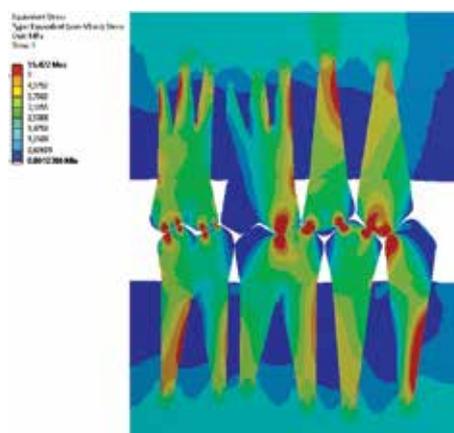


Рисунок 7. Распределение эквивалентных напряжений модели функционального жевательного центра

При детальном рассмотрении деформированного состояния периодонте, представленного на рис. 5, можно определить области максимальных перемещений на уровне верхушек корней зубов и снижение их в окружающей костной ткани. Значение максимальных перемещений в области верхушечного периодонте составляет 1,1 мм. Эти участки окрашены красным цветом.

Область высоких деформаций по медиальной поверхности корня первого верхнего премоляра обусловлена ограниченными возможностями модели.

Общая картина деформированного состояния периодонте представлена на рисунке 6.

Максимальные значения перемещений в периодонте достигают 1,17 мм. В окружающей костной ткани дна альвеолы эти перемещения составляют 0,15–0,175 мм. В данных условиях моделирования периодонте снижает нагрузку на костную ткань в 6,68–7,8 раз.

Таким образом, анализ полей перемещений дает некоторое представление о деформированном состоянии функционального жевательного центра в целом, коронок зубов и периодонте – в частности.

Результаты исследования изоповерхностей распределения эквивалентных напряжений показали напряженное состояние объекта исследования, что представлено на рис. 7.

При анализе напряженно-деформированного состояния полученных цифровых моделей установлено, что максимальные напряжения сконцентрированы в области жевательных поверхностей коронок зубов, а именно – в точках контактов бугорков, фиссур, медиальных и дистальных скатах бугорков, что представляется вполне закономерным. Поля максимальных значений напряжений окрашены в красный цвет, значения напряжений в них достигают 55 МПа.

Прикладной ценностью обладают сведения о максимальной концентрации напряжений в пришеечной области обоих моляров, входящих в функциональный жевательный центр. Значительные области концентрации напряжений локализованы на медиальных поверхностях корней верхних моляра, второго премоляра и нижнего моляра.

Важно отметить, что наибольшее количество полей максимальных эквивалентных концентрируется в области верхнего и нижнего моляров и верхнего второго премоляра. В численном выражении максимальные значения (55 МПа) напряжений превосходят остальные (1,87–5,0 МПа) в 11 и более раз, поэтому их можно считать формообразующими. При рассмотрении изоповерхностей полей напряжений в области верхушек корней зубов установлено, что они равнозначны в численном выражении в области всех зубов, и преимущественно, сопоставимы по размерам. Следует констатировать, что равномерная степень распределения изоповерхностей полей напряжений в области верхушек корней зубов сочетается с их незначительными количественными показателями, не превышающими 3 МПа.

## Выводы

1. Функциональный жевательный центр является сбалансированной уравновешенной биомеханической системой, в которой выверенные силовые превалирования обеспечивают ее статическое функционирование.
2. Концентрация максимальных напряжений в области медиальных бугров моляров, а также по медиальной поверхности их корней позволяет считать эти участки формообразующими. При изменении условий функционирования (повышенная стираемость, ятрогенное вмешательство) именно на этих участках могут начинаться патологические процессы.
3. Местом локализации максимальных деформаций при вертикальном нагружении функционального жевательного центра является апикальная зона периодонта зубов. Благодаря амортизирующим свойствам периодонта степень ослабления жевательной нагрузки на кость снижается в 6,68–7,8 раза.
4. Целесообразность дальнейшего совершенствования индивидуализированного анализа напряженно-деформированных состояний обоснована в связи с развитием CAD/CAM технологий, позволяющих использовать результаты компьютерной томографии и трехмерного CAD моделирования для изготовления зубных протезов с высокими эстетическими и функциональными характеристиками.

5. Планирование несъемных ортопедических конструкций с применением CAD/CAM цифровых технологий различной степени сложности с учётом индивидуальных клинических особенностей пациента (состояние опорных зубов, костной ткани и пародонта; окклюзионные взаимоотношения) и возможностью программирования установленных физико-механических параметров для каждого анатомического образования и конструкционного стоматологического материала, позволят наиболее оптимально распределить жевательное давление на ткани протезного ложа, минимизировать побочное действие на органы и ткани зубочелюстного аппарата, улучшить качественные характеристики и увеличить срок службы зубных протезов.
6. Полученные результаты позволяют значительно расширить теоретическую базу для проведения дальнейших исследований в области изучения взаимосвязи характера и величин напряженно-деформированных состояний в биомеханической системе при патологических видах окклюзии, а также спрогнозировать поведение применяемых конструкционных материалов в долгосрочной перспективе.

## Список литературы / References

1. Хальфин Р.А., Шкарин В.В. Совершенствование ортопедической стоматологической помощи пациентам с полной и частичной адентией. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019;1:276-288. Khalifin R.A., Shkarin V.V. Improvement of orthopedic dental care for patients with full and partial adentia. Modern problems of health care and medical statistics. 2019;1:276-288. (In Russ.)
2. Давыдов Б.Н., Гильмиярова Ф.Н., Порфириади М.П., Будаичиев Г.М.А. Оптимизация патогенетической терапии кариеса зубов у детей, страдающих сахарным диабетом первого типа, с учётом методологических принципов персонализированной медицины (Часть I). Институт стоматологии. 2018;4(81):81-83. Davydov B.N., Gilmiyarova F.N., Porfyriadis M.P., Budaychiev G.M.-A. Optimization of pathogenetic therapy of caries of teeth in children sufficiating first type of diabetes, taking into account the methodological principles of personalized medicine (Part I). Institute of Dentistry. 2018;4(81):81-83. (In Russ.)
3. Шкарин В.В. Междисциплинарный подход в оказании стоматологической ортопедической помощи при дефектах зубных рядов. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019;1:105-122. Shkarin V.V. Interdisciplinary approach in the provision of dental orthopedic care for defects of the dentition. Modern problems of health care and medical statistics. 2019;1:105-122. (In Russ.)
4. Давыдов Б.Н., Гильмиярова Ф.Н., Порфириади М.П., Будаичиев Г.М.А. Оптимизация патогенетической терапии кариеса зубов у детей, страдающих сахарным диабетом первого типа, с учётом методологических принципов персонализированной медицины (Часть II). Институт стоматологии. 2019;1(82):82-87. Davydov B.N., Gilmiyarova F.N., Porfyriadis M.P., Budaychiev G.M.-A. Optimization of pathogenetic therapy of caries of teeth in children sufficiating first type of diabetes, taking into account the methodological principles of personalized medicine (Part II). Institute of Dentistry. 2019;1(82):82-87. (In Russ.)
5. Domenyuk D.A., Kochkonyan T.S., Shkarin V.V. Conceptual approach to diagnosing and treating dentoalveolar transversal divergent occlusion. Archiv EuroMedica. 2022. Vol. 12; 3: 25. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2022/12/3.25>
6. Давыдов Б.Н., Гильмиярова Ф.Н., Порфириади М.П., Будаичиев Г.М.А. Оптимизация патогенетической терапии кариеса зубов у детей, страдающих сахарным диабетом первого типа, с учётом методологических принципов персонализированной медицины (Часть III). Институт стоматологии. 2019;2(83):66-69. Davydov B.N., Gilmiyarova F.N., Porfyriadis M.P., Budaychiev G.M.-A. Optimization of pathogenetic therapy of caries of teeth in children sufficiating first type of diabetes, taking into account the methodological principles of personalized medicine (Part III). Institute of Dentistry. 2019;2(83):66-69. (In Russ.)
7. Domenyuk D.A., Kochkonyan T.S., Dmitrienko S.V. Periodontal tissue morphology in children with abnormal occlusion and connective tissue dysplasia syndrome. Archiv EuroMedica. 2022. Vol. 12; 5: 18. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2022/12/5.18>
8. Borodina V.A., Weisheim L.D. Biometry of permanent occlusion dental arches – comparison algorithm for real and design indicators. Archiv EuroMedica. 2018. Vol. 8. № 1. P. 25-26. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2018/8/1/25>

9. Dmitrienko S.V., Fomin I.V., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Enhancement of research method for spatial location of temporomandibular elements and maxillary and mandibular medial incisors. *Archiv EuroMedica*. 2019. Vol. 9; 1: 38-44. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2019/9/1/38>
10. Kochkonyan T.S., Shkarin V.V. Variant anatomy of transitional occlusion dental arch at optimal occlusal relationships. *Archiv EuroMedica*. 2022. Vol. 12; 2: 128-133. <https://dx.doi.org/10.35630/2199-885X/2022/12/2.32>
11. Давыдов Б.Н., Кочконян Т.С., Аль-Харази Г., Доменюк С.Д. Концепция персонализированного подхода к конструированию окклюзионной поверхности зубных рядов с учетом краниофациальной морфологии (Часть I). *Институт стоматологии*. 2021;2(91):85-89. Davydov B.N., Kochkonyan T.S., Al-Kharazi G., Domenyuk S.D. The concept of a personalized approach to the design of the occlusive surface of the dentition, taking into account craniofacial morphology (Part I). *Institute of Dentistry*. 2021;2(91):85-89. (In Russ.)
12. Shkarin V.V., Kochkonyan T.S., Ghamdan Al.H., Dmitrienko S.V. Occlusal plane orientation in patients with dentofacial anomalies based on morphometric cranio-facial measurements. *Archiv EuroMedica*. 2021. Vol. 11; 1: 116-121. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2021/11/1.26>
13. Фищев С.Б., Коробкеев А.А., Ведешина Э.Г. Оптимизация современных методов диагностики и лечения пациентов с различными формами снижения высоты нижнего отдела лица. Ставрополь: Изд-во СГГМУ, 2015. - 260 с. Fishchev S.B., Korobkeev A.A., Vedeshina E.G. Optimization of modern methods of diagnosis and treatment of patients with various forms of lowering the height of the lower face. Stavropol: Publishing house of SGGMU, 2015. - 260 p. (In Russ.)
14. Коннов В.В., Коробкеев А.А., Ведешина Э.Г., Налбандян Л.В. Патогенез, клиника и методы лечения мышечно-суставной дисфункции у больных стоматологического профиля с сагиттальными аномалиями окклюзии. Ставрополь: Изд-во СГГМУ, 2015. - 238 с. Konnov V.V., Korobkeev A.A., Vedeshina E.G., Nalbandyan L.V. Pathogenesis, clinic and methods of treatment of muscular-articular dysfunction in patients with dental profile with sagittal anomalies of occlusion. Stavropol: Publishing house of SGGMU, 2015. - 238 p. (In Russ.)
15. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н. Комплексная оценка физиологической окклюзии постоянных зубов у людей с различными гнатическими и дентальными типами лица и зубных дуг. *Медицинский алфавит*. 2017;3(24(321)):51-55. Domenyuk D.A., Davydov B.N. Complex assessment of physiological occlusion of permanent teeth in people with various gnathic and dental types of face and dental arches. *Medical alphabet*. 2017;3(24(321)):51-55. (In Russ.)
16. Коробкеев А.А., Вейсгейм Л.Д., Коннов В.В. Анатомические особенности взаимозависимости основных параметров зубных дуг верхней и нижней челюстей. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2018;13(11):66-69. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13019> Korobkeev A.A., Weisheim L.D., Konnov V.V. Anatomical features of the interdependence of the basic parameters of the dental arches of the upper and lower jaws of. *Medical News of North Caucasus*. 2018;13(11):66-69. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13019> (In Russ.)
17. Коробкеев А. А., Доменюк Д. А., Шкарин В. В., Дмитриенко С. В. Особенности типов роста лицевого отдела головы при физиологической окклюзии. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2018;13(4):627-630. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13122> Korobkeev A. A., Domenyuk D. A., Shkarin V. V., Dmitrienko S. V. Types of facial heart depth in physiological occlusion. *Medical News of North Caucasus*. 2018;13(4):627-630. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13122> (In Russ.)
18. Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г., Гаглоева Н.Ф. Оценка корреляционной зависимости линейных параметров мезогнатических зубных дуг от размеров постоянных зубов. *Институт стоматологии*. 2015;4(69):78-80. Davydov B.N., Vedeshina E.G., Gagloeva N.F. Evaluation of the correlation dependence of linear parameters of mesognathic dental arches on the size of permanent teeth. *Institute of Dentistry*. 2015;4(69):78-80. (In Russ.)
19. Ведешина Э.Г., Дмитриенко С.В., Орфанова Ж.С. Сопоставительный анализ морфометрических параметров зубочелюстных дуг при различных вариантах их формы. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2015;(2):63-69. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2015-2-63-69>. Vedeshina E.G., Dmitrienko S.V., Orfanova Z.S. Comparative analysis of dentoalveolar arch morphometric parameters in case of arch shape variations. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2015;(2):63-69. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2015-2-63-69>.
20. Ведешина Э.Г., Кочконян А.С., Кочконян Т.С. Геометрически-графическая репродукция зубочелюстных дуг при физиологической окклюзии постоянных зубов. *Институт стоматологии*. 2015;1(66):62-64. Vedeshina E.G., Kochkonyan A.S., Kochkonyan T.S. Geometric-graphic reproduction of dental arches in physiological occlusion of permanent teeth. *Institute of Dentistry*. 2015;1(66):62-64. (In Russ.)
21. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г., Дмитриенко С.В. Клиническое обоснование эффективности применения графического метода построения индивидуальной формы зубной дуги при лечении аномалий окклюзии. *Медицинский алфавит*. 2017;1(1):37-42. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina E.G., Dmitrienko S.V. Clinical substantiation of efficiency of application of graphical method of construction of individual forms of dental arch in treatment of abnormalities of occlusion. *Medical alphabet*. 2017;1(1):37-42. (In Russ.)
22. Дмитриенко С.В., Зеленский В.А., Шкарин В.В. Алгоритм определения соответствия типов лица основным анатомическим вариантам зубных дуг при диагностике и лечении ортодонтических больных. *Современная ортопедическая стоматология*. 2017;28:62-65. Dmitrienko S.V., Zelensky V.A., Shkarin V.V. Algorithm for determining the conformity of face types to the main anatomical variants of dental arches in the diagnosis and treatment of orthodontic patients. *Modern orthopedic dentistry*. 2017;28:62-65. (In Russ.)
23. Кочконян Т.С., Шкарин В.В., Доменюк Д.А., Дмитриенко С.В., Доменюк С.Д. Исследование профиля мягких тканей лица с учетом индивидуальных типологических особенностей зубных дуг. *Медицинский алфавит*. 2022;(7):99-108. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-7-99-108>. Kochkonyan T.S., Shkarin V.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Domenyuk S.D. Study of the profile of the soft tissues of the face, taking into account the individual typological features of the dental arches. *Medical alphabet*. 2022;(7):99-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-7-99-108>.
24. Доменюк Д.А., Дмитриенко С.В., Ведешина Э.Г., Порфириадис М.П., Будайчиев Г.М.А. Аналитический подход в оценке соотношений одонтометрических показателей и линейных параметров зубных дуг у людей с различными типами лица. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2018;25(1):73-81. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2018-25-1-73-81> Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Vedeshina E.G., Porfyriadis M.P., Budaychiev G.M.A. Analytical approach in evaluating the relations of odontometric indicators and linear parameters of dental arcs in people with various face types. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2018;25(1):73-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2018-25-1-73-81>
25. Коробкеев А.А., Цатурян Л.Д., Ведешина Э.Г. Вариации строения размеров лицевого скелета и зубных рядов у мезоцефалов. Ставрополь: Изд-во СГГМУ, 2016. - 140 с. Korobkeev A.A., Tsuryan L.D., Vedeshina E.G. Variations in the structure of the size of the facial skeleton and dentition in mesocephals. Stavropol: Publishing house of SGGMU, 2016. - 140 p. (In Russ.)
26. Shkarin V.V., Grinin V.M., Halfin R.A., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A. Specific features of grinder teeth rotation at physiological occlusion of various gnathic dental arches. *Archiv EuroMedica*. 2019. Vol. 9; 2: 168-173. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2019/9/2/168>
27. Dmitrienko S.V., Kochkonyan A.S., Karslieva A.G. Interrelation between sagittal and transversal sizes of maxillary dental arches. *Archiv EuroMedica*. 2014. Vol. 4; 2: 10-13.
28. Ведешина Э.Г., Кочконян А.С., Арутюнян Ю.С., Кочконян Т.С. Клиническая анатомия зубов и зубочелюстных сегментов. Ставрополь: Изд-во СГГМУ, 2015. - 188 с. Vedeshina E.G., Kochkonyan A.S., Arutyunyan Yu.S., Kochkonyan T.S. Clinical anatomy of teeth and dentoalveolar segments. Stavropol: Publishing house of SGGMU, 2015. - 188 p. (In Russ.)
29. Давыдов Б.Н., Кочконян Т.С., Аль-Харази Г. Одонтоскопическая и морфометрическая оценка окклюзионных контуров постоянных зубов у пациентов с физиологическими видами прикуса. *Медицинский алфавит*. 2021;(24):50-58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-24-50-58> Davydov B.N., Kochkonyan T.S., Al-Harazi G. Odontoscopic and morphometric assessment of occlusion circuits of permanent teeth in patients with physiological occlusion. *Medical alphabet*. 2021;(24):50-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-24-50-58>
30. Шкарин В.В., Дмитриенко С.В., Доменюк Д.А., Дмитриенко Д.С. Основы моделирования зубов и построения зубных дуг. Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2021. 164 с. Shkarin V.V., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko D.S. Fundamentals of modeling teeth and constructing dental arches. St. Petersburg: Lan publishing house, 2021. 164 p.
31. Shkarin V.V., Grinin V.M., Halfin R.A. Specific features of transversal and vertical parameters in lower molars crowns at various dental types of arches. *Archiv EuroMedica*. 2019. Vol. 9; 2: 174-181. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2019/9/2/174>
32. Lepilin A.V., Fomin I.V., Budaychiev G.M.A. Improving odontometric diagnostics at jaw stone model examination. *Archiv EuroMedica*. 2018. Vol. 8; 1: 34-35. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2018/8/1/34>
33. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г. Рентгенологические и морфометрические методы в комплексной оценке кефало-одонтологического статуса пациентов стоматологического профиля (Часть I). *Институт стоматологии*. 2017;2(75):58-61. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina E.G. X-ray and morphometric methods in the complex assessment of the cephalo-odontological status of patients of the dental profile (Part I). *Institute of Dentistry*. 2017;2(75):58-61. (In Russ.)
34. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г. Рентгенологические и морфометрические методы в комплексной оценке кефало-одонтологического статуса пациентов стоматологического профиля (Часть II). *Институт стоматологии*. 2017;3(76):32-35. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina E.G. X-ray and morphometric methods in the complex assessment of the cephalo-odontological status of patients of the dental profile (Part II). *Institute of Dentistry*. 2017;3(76):32-35. (In Russ.)
35. Лепаин А.В., Фомин И.В. Диагностические возможности конусно-лучевой компьютерной томографии при проведении краниоморфологических и краниометрических исследований в оценке индивидуальной анатомиче-

- ской изменчивости (Часть III). Институт стоматологии. 2019;2(83):48-53.
- Lepilin A.V., Fomin I.V. Diagnostic possibilities of cone-beam computed tomography during craniomorphological and craniometric studies in the assessment of individual anatomical variability (Part III). Institute of Dentistry. 2019;2(83):48-53. (In Russ.).
36. Кочконян Т.С., Шкарин В.В., Доменюк Д.А., Дмитриенко Д.С., Потрасова А.М., Рожкова М.Г., Дмитриенко Т.Д. Совершенствование клинических протоколов диагностики и ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий с учетом индивидуальных морфологических особенностей. Медицинский алфавит. 2021; (12): 48-54. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-12-48-54>
  - Kochkonyan T.S., Shkarin V.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko D.S., Potryasova A.M., Rozhkova M.G., Dmitrienko T.D. Improvement of clinical protocols for diagnostics and orthodontic treatment of dental anomalies taking into account individual morphological features. Medical alphabet. 2021; (12): 48-54. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-12-48-54>.
  37. Давыдов Б.Н., Дмитриенко С.В., Доменюк Д.А., Иванчева Е.Н. Методологические подходы в диагностике аномалий формы и размеров зубных дуг с учетом индивидуальных морфологических особенностей. Медицинский алфавит. 2020;(3):12-18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-3-12-18>. Davydov B.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Ivancheva E.N. Methodological approaches in the diagnosis of anomalies in the shape and size of dental arches, taking into account individual morphological features. (in English). Medical alphabet. 2020;(3):12-18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-3-12-18>.
  38. Иванов Л.П., Краюшкин А.И., Пожарицкая М.М. Практическое руководство по моделированию зубов. М.: Изд-во ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2001. - 239 с. Ivanov L.P., Krayushkin A.I., Pozharitskaya M.M. Practical guide to modeling teeth. M.: Publishing house of GOU VUNMTs of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2001. - 239 p. (In Russ.)
  39. Domenyuk D.A., Ghamdan A.H., Shkarin V.V., Dmitrienko S.V., Kochkonyan T.S. A method for modeling artificial dentures in patients with adentia based on individualizes of alveolar arches and constitution type. Archiv EuroMedica. 2021. Vol. 11; 1: 109-115. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2021/11/1.25>.
  40. Shkarin V.V., Lepilin A.V., Fomin I.V. Odontometric indices fluctuation in people with physiological occlusion. Archiv EuroMedica. 2018. Vol. 8; 1: 12-18. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2018/8/1/12>
  41. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Дмитриенко С.В., Порфириадис М.П., Будаичев Г.М.А. Изменчивость цефалометрических показателей у мужчин и женщин с мезоцефалической формой головы и различными конституциональными типами лица (Часть I). Институт стоматологии. 2018;1(78):70-73. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Dmitrienko S.V., Porfiradis M.P., Budaichiev G.M.A. Variability of cephalometric parameters in men and women with a mesocephalic head shape and various constitutional facial types (Part I). Institute of Dentistry. 2018;1(78):70-73. (In Russ.)
  42. Dmitrienko S.V. Specific features of x-ray anatomy and profilometry in people with different types of facial skeleton. Archiv EuroMedica. 2022. Vol. 12; 4: 6. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2022/12/4.6>
  43. Краюшкин А.И., Воробьев А.А., Александрова Л.И., Ефимова Е.Ю. Нормальная анатомия головы и шеи. Учебник для студентов стоматологических факультетов. Москва. 2012. Krayushkin A.I., Vorobyov A.A., Aleksandrova L.I., Efimova E.Yu. Normal anatomy of the head and neck. Textbook for students of dental faculties. Moscow. 2012. (In Russ.)
  44. Доменюк Д.А., Коробкеев А.А. Вариантная анатомия зубочелюстных сегментов. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2016. 200 с. Domenyuk D.A., Korobkeev A.A. Variant anatomy of dentoalveolar segments. Stavropol: Publishing house of StGMU, 2016. 200 p. (In Russ.)
  45. Коробкеев А.А., Цатурян Л.Д., Ведешина Э.Г. Особенности челюстно-лицевой области при макродонтизме постоянных зубов. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2016. 159 с. Korobkeev A.A., Tsaturyan L.D., Vedeshina E.G. Features of the maxillofacial region in macrodontism of permanent teeth. Stavropol: Publishing house of StGMU, 2016. 159 p. (In Russ.)
  46. Кочконян Т.С., Шкарин В.В., Самедов Ф.В., Дмитриенко Т.Д. Сравнительная оценка методов математически-графического моделирования зубных дуг при физиологических и патологических вариантах окклюзии (обзор литературы). Медицинский алфавит. 2022;(2):41-47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-2-41-47>. Kochkonyan T.S., Shkarin V.V., Samedov F.V., Dmitrienko T.D. Comparative evaluation of methods of mathematical and graphical modeling of dental arches in physiological and pathological variants of occlusion (literature review). Medical alphabet. 2022; (2):41-47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-2-41-47>.
  47. Шкарин В.В., Дмитриенко Т.Д., Кочконян Т.С., Дмитриенко Д.С., Ягупова В.Т. Современные представления о форме и размерах зубочелюстных дуг человека. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2021; 4 (80): 12-19. Shkarin V.V., Dmitrienko T.D., Kochkonyan T.S., Dmitrienko D.S., Yagupova V.T. Modern ideas about the shape and size of human dentiflitional arches. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta. 2021; 4 (80): 12-19. (In Russ.)
  48. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Порфириадис М.П., Ведешина Э.Г. Особенности тактики и принципов ортодонтического лечения пациентов с асимметрией зубных дуг, обусловленной различным количеством антимеров (Часть I). Институт стоматологии. 2017;4(77): 64-68.
  - Domenyuk D.A., Davydov B.N., Porfiradis M.P., Vedeshina E.G. Features of the tactics and principles of orthodontic treatment of patients with asymmetry of the dental arches caused by a different number of antimers (Part I). Institute of Dentistry. 2017;4(77): 64-68. (In Russ.)
  49. Давыдов Б.Н., Кочконян Т.С., Дмитриенко Д.С. Концепция персонализированного подхода к конструированию окклюзионной поверхности зубных рядов с учетом краниофациальной морфологии (Часть II). Институт стоматологии. 2021;3(92):48-52. Davydov B.N., Kochkonyan T.S., Dmitrienko D.S. The concept of a personalized approach to the design of the occlusal surface of the dentition, taking into account craniofacial morphology (Part II). Institute of Dentistry. 2021;3(92):48-52. (In Russ.)
  50. Дмитриенко С.В., Давыдов Б.Н., Иванюта С.О. Морфометрический анализ взаимоотношений базовых размеров зубных дуг с учетом индивидуальных гнатических типов. Медицинский алфавит. 2019;1;5(380):37-44. Dmitrienko S.V., Davydov B.N., Ivanlyuta S.O. Morphometric analysis of the relationship between the basic dimensions of dental arches, taking into account individual gnathic types. (in English). Medical alphabet. 2019;1;5(380):37-44.
  51. Гильмиярова Ф.Н., Давыдов Б.Н., Орфанова Ж.С. Изменение маркеров метаболизма костной ткани в сыворотке крови и ротовой жидкости у пациентов с зубочелюстными аномалиями (Часть II). Институт стоматологии. 2016;1(70):64-66. Gilmiyarova F.N., Davydov B.N., Orfanova G.S. Alteration of bone tissue metabolism markers in blood serum and oral fluid in patients with dentoalveolar pathologies (Part II). Institute of Dentistry. 2016;1(70):64-66. (In Russ.)
  52. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г. Совершенствование методов диагностики зубочелюстных аномалий по результатам изучения функциональных сдвигов в системе орального гомеостаза (Часть I). Институт стоматологии. 2016;2(71):74-77. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina E.G. Improved methods for diagnosing dentoalveolar abnormalities based on functional shifts in oral homeostasis (Part I). Institute of Dentistry. 2016;2(71):74-77. (In Russ.)
  53. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г. Совершенствование методов диагностики зубочелюстных аномалий по результатам изучения функциональных сдвигов в системе орального гомеостаза (Часть II). Институт стоматологии. 2016;3(72): 58-61. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina E.G. Improved methods for diagnosing dentoalveolar abnormalities based on functional shifts in oral homeostasis (Part II). Institute of Dentistry. 2016;3(72): 58-61. (In Russ.)
  54. Давыдов Б.Н., Доменюк Д.А., Самедов Ф.В., Дмитриенко С.В., Лепилин А.В. Клинико-функциональные подходы в разработке патогенетических схем комплексной терапии заболеваний пародонта у детей с сахарным диабетом I типа. Пародонтология. 2021;26(11):9-19. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2021-26-1-9-19>. Davydov B.N., Domenyuk D.A., Samedov F.V., Dmitrienko S.V., Lepilin A.V. Clinical and functional approaches to comprehensive treatment of periodontal diseases in children with type I diabetes. Parodontologiya. 2021;26(11):9-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2021-26-1-9-19>.
  55. Давыдов Б.Н., Доменюк Д.А., Дмитриенко С.В. Особенности микроциркуляции в тканях пародонта у детей ключевых возрастных групп, страдающих сахарным диабетом I типа. Часть I. Пародонтология. 2019; Т. 24. № 1-24 (90). 4-10. <https://doi.org/10.25636/PPM.1.2019.1.1>. Davydov B.N., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V. Features of microcirculation in periodontal tissues in children of key age groups suffering from diabetes mellitus type 1. Part I. Parodontologiya. 2019; T. 24. № 1 (91): 108-119. <https://doi.org/10.25636/PPM.1.2019.1.1>.
  56. Давыдов Б.Н., Доменюк Д.А., Дмитриенко С.В. Особенности микроциркуляции в тканях пародонта у детей ключевых возрастных групп, страдающих сахарным диабетом I типа. Часть II. Пародонтология. 2019; Т. 24. № 2 (91): 108-119. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2019-24-2-108-119>. Davydov B.N., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V. Features of microcirculation in periodontal tissues in children of key age groups suffering from diabetes mellitus type 1. Part II. Parodontologiya. 2019; T. 24. № 2 (91): 108-119. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2019-24-2-108-119>.
  57. Быков И.М., Давыдов Б.Н., Ивченко Л.Г. Современные возможности клинико-лабораторных, рентгенологических исследований в доклинической диагностике и прогнозировании риска заболеваний пародонта у детей с сахарным диабетом первого типа. Часть I. Пародонтология. 2018; Т. 23. № 3 (88). 4-11. <https://doi.org/10.25636/PPM.1.2018.3.1>. Bykov I.M., Davydov B.N., Ivchenko L.G. Modern possibilities of clinical, laboratory, X-ray studies in preclinical diagnosis and prognosis of the risk of periodontal diseases in children with diabetes mellitus of the first type. Part I. Parodontologiya. 2018; T. 23. № 3 (88). 4-11. <https://doi.org/10.25636/PPM.1.2018.3.1>.
  58. Давыдов Б.Н., Сумкина О.Б., Будаичев Г.М. Изменение морфологического состояния тканей пародонтального комплекса в динамике ортодонтического перемещения зубов [Экспериментальное исследование]. Пародонтология. 2018; Т. 23. № 1 (86): 69-78. <https://doi.org/10.25636/PPM.1.2018.1.15>. Davydov B.N., Sumkina O.B., Budaichiev G.M. Change in the morphological state of the tissues of the periodontal complex in the dynamics of orthodontic movement of teeth (Experimental study). Parodontologiya. 2018; T. 23. № 1 (86): 69-78. <https://doi.org/10.25636/PPM.1.2018.1.15>.

59. Чуков С.З., Боташева В.С., Сумкина О.Б. Морфология тканей пародонта при дозированном нагружении. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2016. 244 с. Chukov S.Z., Botasheva V.S., Sumkina O.B. Morphology of periodontal tissues with dosed loading. Stavropol: Publishing house of StGMU, 2016. 244 p. (In Russ.)
60. Domenyuk D.A., Kochkonyan T.S. Periodontal tissue morphology in children with abnormal occlusion and connective tissue dysplasia syndrome. *Archiv EuroMedica*. 2022. Vol. 12; 5: 18. <https://dx.doi.org/10.35630/2199-885X/2022/12/5.18>.
61. Давыдов Б.Н. Использование коэффициента межчелюстного дентального соотношения в оценке соответствия базовых одонтометрических показателей у людей с различными типами зубных дуг. *Медицинский алфавит*. 2017; Т. 3. 24(321): 62-67. Davydov B.N. Maxillary dental ratio to assess compliance with basic odontometric parameters in people with different types of dental arches. *Medical alphabet*. 2017; Vol. 3. 24(321): 62-67.
62. Давыдов Б.Н., Кочконян Т.С., Доменюк Д.А. Применение конституционально-типологического подхода в изучении морфометрических особенностей зубочелюстной системы у людей с брахиопалатинальным типом нёбного свода. *Медицинский алфавит*. 2021; (38):21-29. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-38-21-29>. Davydov B. N., Kochkonyan T. S., Domenyuk D. A. Application of the constitutional-typological approach in the study of the morphometric features of the dentition in people with the brachypalatinal type of the palatine arch. *Medical alphabet*. 2021; (38):21-29. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-38-21-29>.
63. Ivanyuta O.P., Al-Harasi G., Kuleshov D.A. Modification of the dental arch shape using graphic reproduction method and its clinical effectiveness in patients with occlusion anomalies. *Archiv EuroMedica*. 2020. Vol. 10; 4: 181-190. <https://dx.doi.org/10.35630/2199-885X/2020/10/4.42>.
64. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г. Оптимизация методов диагностики и лечения пациентов с асимметричным расположением антимеров (Часть I). *Институт стоматологии*. 2016;4(73):86-89. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina E.G. Optimization of diagnostic and treatment methods for patients with asymmetric antimer distribution (Part I). *Institute of Dentistry*. 2016;4(73):86-89. (In Russ.)
65. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Ведешина Э.Г. Оптимизация методов диагностики и лечения пациентов с асимметричным расположением антимеров (Часть II). *Институт стоматологии*. 2017;1(74):76-79. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina E.G. Optimization of diagnostic and treatment methods for patients with asymmetric antimer distribution (Part II). *Institute of Dentistry*. 2017;1(74):76-79. (In Russ.)
66. Доменюк Д.А., Давыдов Б.Н., Порфириадис М.П., Ведешина Э.Г. Особенности тактики и принципов ортодонтического лечения пациентов с асимметрией зубных дуг, обусловленной различным количеством антимеров (Часть I). *Институт стоматологии*. 2017;4(77):64-68. Domenyuk D.A., Davydov B.N., Porfiridis M.P., Vedeshina E.G. Features of the tactics and principles of orthodontic treatment of patients with asymmetry of the dental arches due to a different number of antimers (Part I). *Institute of Dentistry*. 2017; 4 (77): 64-68. (In Russ.)
67. Верстаков Д.В., Данилина Т.Ф., Багмутов В.П., Михальченко Д.В., Шмаков А.В. Исследование биомеханической системы «мостовидный протез – опорный зуб» у пациентов с низкой короной опорных зубов. *Волгоградский научно-медицинский журнал*. Волгоград. 2014; 2:50-53. Verstakov D. V., Danilina T. F., Bagmutov V. P., Mikhailchenko D. V., Shmakov A. V. Study of the biomechanical system «bridge prosthesis - support tooth» in patients with low crown of supporting teeth. *Volgograd Scientific and Medical Journal*. Volgograd. 2014; 2:50-53. (In Russ.)
68. Sadykov M.I., Nesterov A.M. Biomechanical evaluation of stress-strain condition of restorative ceramic pin structures and dental roots. *Archiv EuroMedica*. 2020. Vol. 10; 2: 115-120. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2020/10/2.29>.
69. Щербakov Л.Н., Гончаров А.А. Напряженно-деформированное состояние фрагмента зубного ряда. *Клиническая стоматология*. М., 2005; 3 (35): 60-62. Shcherbakov L. N., Goncharov A. A. Stress-deformed state of the fragment of the dentition. *Clinical dentistry*. M., 2005; 3 (35): 60-62. (In Russ.)
70. Kochkonyan T.S., Al-Harazi G., Dmitrienko S.V. The potential of microcomputed tomography in studying the variant morphology of the dental canal-root system. *Archiv EuroMedica*. 2021. Vol. 11; 3: 61-67. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2021/11/3/15>.
71. Sadykov M.I., Nesterov A.M. Biomechanical assessment of the stress-strain status of splinting structures and teeth periodontium in case of chronic periodontitis. *Archiv EuroMedica*. 2020. Vol. 10; 4: 149-155. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2020/10/4.34>.
72. Lin C. L. Biomechanical interactions in tooth-implant-supported fixed partial dentures with variations in the number of splinted teeth and connector type: a finite element analysis. *Clin. Oral Implants Res*. 2008. Vol. 19, № 1. P. 107–117.

Статья поступила / Received 15.11.2022  
Получена после рецензирования / Revised 26.11.2022  
Принята в печать / Accepted 28.11.2022

#### Информация об авторах

**Щербakov Леонид Николаевич<sup>1</sup>**, к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии.  
E-mail: leosherbakov@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-3234-7300

**Мансур Юлия Петровна<sup>1</sup>**, к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии.  
E-mail: juliam75-1@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-7367-0190

**Верстаков Дмитрий Викторович<sup>1</sup>**, к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии.  
E-mail: juliam75-1@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-1182-4593

**Кочконян Таисия Суреновна<sup>2</sup>**, к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии.  
E-mail: kochkonyantaisiya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1613-3425>

**Доменюк Дмитрий Анатольевич<sup>3</sup>**, д.м.н., профессор кафедры стоматологии общей практики и детской стоматологии.  
E-mail: domenyukda@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-5020>

**Иванчева Елена Николаевна<sup>3</sup>**, к.м.н., ассистент кафедры стоматологии общей практики и детской стоматологии.  
E-mail: elena\_ivancheva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>

**Доменюк Станислав Дмитриевич<sup>4</sup>**, студент ФГАОУ ВО.  
E-mail: sdomenyuk@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5239-4601>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
<sup>4</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

#### Контактная информация:

Доменюк Дмитрий Анатольевич. E-mail: domenyukda@mail.ru

**Для цитирования:** Щербakov Л.Н., Мансур Ю.П., Верстаков Д.В., Кочконян Т.С., Доменюк Д.А., Иванчева Е.Н., Доменюк С.Д. Биомеханическое виртуальное планирование напряженно-деформированного состояния функционального жевательного центра. *Медицинский алфавит*. 2022;(34):44-52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-34-44-52>

#### Author information

**Shcherbakov Leonid Nikolayevich<sup>1</sup>**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics.  
E-mail: leosherbakov@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-3234-7300

**Mansur Yulia Petrovna<sup>1</sup>**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics.  
E-mail: juliam75-1@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-7367-0190

**Verstakov Dmitry Viktorovich<sup>1</sup>**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics.  
E-mail: juliam75-1@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-1182-4593

**Kochkonyan Taisiya Surenovna<sup>2</sup>**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Prosthetic Dentistry.  
E-mail: kochkonyantaisiya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1613-3425>

**Domenyuk Dmitry Anatolyevich<sup>3</sup>**, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of General Practice Dentistry and Pediatric Dentistry.  
E-mail: domenyukda@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-5020>

**Ivancheva Elena Nikolaevna<sup>3</sup>**, Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of General Practice Dentistry and Pediatric Dentistry.  
E-mail: elena\_ivancheva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>

**Domenyuk Stanislav Dmitrievich<sup>4</sup>**, Student, Federal State Autonomous Educational.  
E-mail: sdomenyuk@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5239-4601>

<sup>1</sup> Volgograd State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation  
<sup>2</sup> Kuban State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation  
<sup>3</sup> Stavropol State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation  
<sup>4</sup> North Caucasus Federal University, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

#### Contact information

Domenyuk Dmitry Anatolyevich. E-mail: domenyukda@mail.ru

**For citation:** Shcherbakov L.N., Mansur Yu.P., Verstakov D.V., Kochkonyan T.S., Domenyuk D.A., Ivancheva E.N., Domenyuk S.D. Biomechanical virtual planning of the stress-strain state of the functional masticatory center. *Medical alphabet*. 2022;(34):44-52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-34-44-52>

