

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-223-229

УДК 616.314-089.843

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЖЕВАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОККЛЮЗИИ У ЛИЦ С ДЕФЕКТАМИ ЗУБНЫХ РЯДОВ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ С ОПОРОЙ НА ДЕНТАЛЬНЫЕ ИМПЛАНТАТЫ

Стафеев А. А., Хижук А. В., Баркан И. Ю., Касенов Р. Ш., Климова И. Я., Сафронова М. И.

Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

Аннотация

Применение дентальных имплантатов (ДИ) в качестве опоры при восстановлении дефектов зубных рядов все чаще становится методом выбора при ортопедической стоматологической реабилитации пациентов. ДИ позволяют значительно снижать окклюзионную нагрузку на естественные зубы, способствуя сохранению их функциональности. Пародонт, обладая развитой сенсорной иннервацией, является ключевым рецепторным полем в полости рта. Пародонтальные механорецепторы отвечают за широкий спектр ощущений: боль, тактильное восприятие, давление, определение положения зуба и проприоцепцию. В клинических условиях, чтобы компенсировать разницу между сенсорным потенциалом дентальных имплантатов и естественных зубов, принято уменьшать окклюзионную нагрузку, уменьшая плотность контактов. Исследования, посвященные анализу окклюзионных взаимоотношений в рамках этой концепции немногочисленны.

Цель — систематизация и анализ современных научных данных о биомеханических принципах взаимодействия естественных зубов и дентальных имплантатов, а также оценка влияния различных типов дефектов зубных рядов на распределение жевательной нагрузки.

Методология. Для написания обзора литературы был проведен поиск и изучение оригинальных статей и патентов в базах данных: eLibrary, PubMed, The Cochrane Library, Google Scholar. Основной отбор материалов осуществлялся по ключевым словам. Рассматривались публикации с 2015 по 2025 год.

Результаты. Имплантат обладает большей устойчивостью к жевательному давлению, с меньшей физиологической подвижностью относительно естественных зубов, оказывая при этом окклюзионное давление на зуб антагонист с развитием силового превалирования. Такое взаимодействие может приводить к травматическому повреждению пародонта зубов антагонистов, с возможным разрушением коронковой части зуба, и искусственной коронки.

Выводы. Правильное воссоздание морфометрических параметров зубов и зубных рядов, наряду с точной моделировкой зубных протезов, позволит нормализовать биомеханику жевательного аппарата с восстановлением функционирования нейромышечных механизмов стоматогнатического комплекса.

Ключевые слова: дентальный имплантат, зуб, окклюзионная нагрузка, биомеханика, жевательная нагрузка, дефект зубного ряда, остеоперцепция, гнатодинамометрия

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Андрей Анатольевич СТАФЕЕВ ORCID ID 0000-0002-5059-5810

д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия
kafedraort@mail.ru

Александр Викторович ХИЖУК ORCID ID 0000-0001-5874-4799

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия
san4elo-82@mail.ru

Ирина Юрьевна БАРКАН ORCID ID 0000-0001-9326-0781

к.м.н., доцент, доцент кафедры ортопедической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия
ms.barkan@mail.ru

Рустам Шаймерденович КАСЕНОВ ORCID ID 0009-0005-8082-0176

ассистент кафедры ортопедической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия
p017yc@gmail.com

Ирина Яковлевна КЛИМОВА ORCID ID 0009-0005-7013-3540

ассистент кафедры ортопедической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия
irisha.klimova.1975@mail.ru

Мария Ивановна САФРОНОВА ORCID ID 0009-0009-7870-1230

Студент 5 курса стоматологического факультета, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия
maria-safronova-2018@mail.ru

Адрес для переписки: Александр Викторович ХИЖУК

644043, г. Омск, ул. Волочаевская, 21а (кафедра ортопедической стоматологии ОмГМУ)

+7 (908) 105-89-41

san4elo-82@mail.ru

Образец цитирования:

Стафеев А. А., Хижук А. В., Баркан И. Ю., Касенов Р. Ш., Климова И. Я., Сафронова М. И.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЖЕВАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОККЛЮЗИИ У ЛИЦ С ДЕФЕКТАМИ ЗУБНЫХ РЯДОВ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ С ОПОРОЙ НА ДЕНТАЛЬНЫЕ ИМПЛАНТАТЫ. Проблемы стоматологии. 2026; 2: 223-229.

© Стафеев А. А. и др., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-223-229

Поступила 10.04.2026. Принята к печати 12.05.2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-223-229

FEATURES OF PERCEPTION OF CHEWING PRESSURE IN FUNCTIONAL OCCLUSION IN PERSONS WITH DEFECTS OF DENTAL ROWS IN PROSTHETIC TREATMENT WITH DENTAL IMPLANTS

Stafeev A.A., Khizhuk A.V., Barkan I.Yu., Kasenov R.Sh., Klimova I.Ya., Safronova M.I.

Omsk State Medical University, Omsk, Russia

Abstract

The use of dental implants (DIs) as support for restoring dental arch defects is increasingly becoming the method of choice in orthopedic dental rehabilitation. DIs significantly reduce occlusal loads on natural teeth, helping to maintain their functionality. The periodontium, with its extensive sensory innervation, is a key receptor site in the oral cavity. Periodontal mechanoreceptors are responsible for a wide range of sensations: pain, tactile perception, pressure, determination of tooth position, and proprioception. In clinical settings, to compensate for the difference in sensory potential between dental implants and natural teeth, it is common practice to reduce occlusal loads by decreasing the density of contacts. Research devoted to the analysis of occlusal relationships within the framework of this concept is limited.

Objectives. Systematization and analysis of modern scientific data on the biomechanical principles of interaction between natural teeth and dental implants, as well as assessment of the impact of various types of dental defects on the distribution of chewing load.

Methodology. To conduct the literature review, we searched and examined original articles and patents in the following databases: eLibrary, PubMed, The Cochrane Library, and Google Scholar. The primary selection of materials was based on keywords. Publications from 2015 to 2025 were considered.

Results. The implant exhibits high resistance to chewing pressure, with less physiological mobility than natural teeth, while exerting occlusal pressure on the opposing tooth, resulting in force dominance. This interaction can lead to traumatic damage to the periodontal tissue of the opposing teeth, with possible destruction of the natural crown and the prosthetic crown.

Conclusions. Correct reconstruction of the morphometric parameters of teeth and dental arches, along with precise modeling of dentures, will normalize the biomechanics of the masticatory system and restore the functioning of the neuromuscular mechanisms of the stomatognathic complex.

Keywords: dental implant, tooth, occlusal load, biomechanics, chewing load, dentition defect, osteoperception, gnathodynamometry

The authors declare no conflict of interest

Andrey A. STAFEEV ORCID ID 0000-0002-5059-5810

PhD, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia
kafedraort@mail.ru

Alexander V. KHIZHUK ORCID ID 0000-0001-5874-4799

PhD, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia
san4elo-82@mail.ru

Irina Yu. BARKAN ORCID ID 0000-0001-9326-0781

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia
ms.barkan@mail.ru

Rustam Sh. KASENOV ORCID ID 0009-0005-8082-0176

Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia
p017yc@gmail.com

Irina Ya. KLIMOVA ORCID ID 0009-0005-7013-3540

Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia
irisha.klimova.1975@mail.ru

Maria I. SAFRONOVA ORCID ID 0009-0009-7870-1230

5th year student of the Faculty of Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia
maria-safronova-2018@mail.ru

Address for correspondence: Alexander V. KHIZHUK

21a Volochaevskaya St., Omsk, 644043, Russia (Department of Orthopedic Dentistry Omsk State Medical University)
+7 (908) 105-89-41
san4elo-82@mail.ru

For citation:

Stafeev A.A., Khizhuk A.V., Barkan I.Yu., Kasenov R.Sh., Klimova I.Ya., Safronova M.I.

FEATURES OF PERCEPTION OF CHEWING PRESSURE IN FUNCTIONAL OCCLUSION IN PERSONS WITH DEFECTS OF DENTAL ROWS IN PROSTHETIC TREATMENT WITH DENTAL IMPLANTS. *Actual problems in dentistry.* 2026; 2: 223-229. (In Russ.)

© Stafeev A.A. et al., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-223-229

Received 10.04.2026. Accepted 12.05.2026

Введение

Дентальные имплантаты у многих врачей стали приоритетным вариантом восстановления дефектов зубных рядов, что обусловлено высокими показателями их выживаемости и уменьшением количества противопоказаний, связанных с соматической патологией [1–3]. С другой стороны, значительно возрастает возможность возникновения различных механических и биологических осложнений провоцируемых функциональной окклюзией с развитием дисфункциональных нарушений. Одним из предположительных объяснений этих осложнений может быть риск окклюзионной перегрузки, которой подвергаются имплантаты, это в основном относится к напряжению и изгибающей силе вокруг конструкции с опорой на имплантат [4]. Хотя научные данные остаются спорными [5–7], существует ряд исследований, подтверждающих мнение о том, что перегрузка может не только вызывать механические осложнения, но и способствовать биологическим осложнениям, вследствие чего возникает периимплантит [4, 8]. Другим предположением является то, что дентальные имплантаты более склонны к окклюзионной перегрузке в сравнении с естественными зубами, в основном из-за отсутствия периодонтальной связки [6]. Исходя из этого, способность имплантата к адаптивным силам и тактильная чувствительность под нагрузкой ниже, чем у естественных зубов [9], что связано с отсутствием амортизирующей способности периодонта зубов [10]. Интегрированный имплантат обладает большим потенциалом к жевательному давлению, а из-за отсутствия периодонта — следовательно, меньшей физиологической подвижности свойственной естественным зубам, и способен оказывать окклюзионное давление на антагонист со значительным силовым превалированием. Такое взаимодействие может приводить к травматическому повреждению периодонта антагониста или способствовать повреждению коронковой части зуба и искусственной коронки. Следовательно, можно предположить, что окклюзионное давление на протезы с опорой на имплантаты воспринимается не так, как на естественные зубы или протезы с опорой на зубы. Чтобы уменьшить окклюзионное давление, избежать перегрузку зубных протезов (с опорой на ДИ и естественные зубы), в последние годы были предприняты попытки для разработки общих рекомендаций и руководства по функциональной окклюзии для протезов с опорой на имплантаты, основанные на клинических наблюдениях и мнениях экспертов, включающие снижение неаксиальной нагрузки и наклона бугров, сужение окклюзионной поверхности, поддержание окклюзионного пространства после установки протезной реставрации между опорными буграми и мониторинг парафункциональных привычек [11].

Цель исследования — систематизация и анализ современных научных данных о биомеханических принципах взаимодействия естественных зубов и дентальных имплантатов, а также оценка влияния различных типов дефектов зубных рядов на распределение жевательной нагрузки.

Материал и методы

Для написания обзора литературы был проведен поиск и изучение оригинальных статей и патентов в базах данных: eLibrary, PubMed, The Cochrane Library, Google Scholar. Основной отбор материалов осуществлялся по ключевым словам. Рассматривались публикации с 2015 по 2025 год.

Результаты. Процесс жевания представляет собой сложную координацию условных и безусловных двигательных рефлексов, которые определяют сокращения жевательных мышц, мышц мягкого неба, губ и щек. В процессе многолетних исследований И. С. Рубинов выделил функциональные звенья и рефлексы жевательной системы. В состав жевательного звена включены следующие функциональные единицы: опорная часть — пародонт зуба; моторная — жевательная мускулатура; нервно-регулирующая — чувствительные и двигательные нервные окончания; вспомогательная — представлена системами кровеносных сосудов и трофической иннервации. В состоянии нормы для всех функциональных единиц характерно состояние сбалансированного взаимодействия, которое реализуется посредством нервной рецепции жевательной мускулатуры, пародонта и слизистой оболочки полости рта [12]. Стимуляция афферентных сенсорных импульсов передает информацию синапсам и центральной нервной системе, что приводит к эфферентному ответу и инициации мышечной активности. Благодаря системе нейро-биоуправления и проприоцепции периодонт при этом действует как амортизатор и распределяет нагрузку. Эта система обратной связи предотвращает преждевременные контакты и устанавливает стабильную привычную окклюзию [13].

Отсутствие периодонтальной связки у имплантата, по мнению ряда авторов, вероятнее всего может привести к перегрузке имплантата и окружающей кости, и способствует механическим и биологическим осложнениям, таким как микропереломы на границе кости и имплантата, воспаление остеогингивального комплекса тканей окружающих имплантат [4]. Отсутствие периодонтальных связок ограничивает физиологическую микроподвижность конструкций с опорой на имплантаты под действием окклюзионной силы, при этом вертикальные и боковые микродвижения значительно уменьшаются по сравнению с естественными зубами. Естественные зубы демонстрируют микроподвижность в диапазоне до 500 мкм. Напротив, имплантаты демонстрируют диапазон не более 30 мкм [14].

Основная причина механических и биологических осложнений, связанных с окклюзией, заключается в фундаментальных различиях между остеоинтегрированными дентальными имплантатами и естественными зубами. В частности, без периодонта имплантатам не хватает тактильной чувствительности и подвижности, необходимых для компенсации нагрузки [2]. Это явление имеет название — остеоперцепция. Сенсорные сигналы, лежащие в основе этого явления, качественно отличаются от сигналов, возникающих при нагрузке на естественный зуб. Остеоперцепция определяется

как механорецепция, при отсутствии функционального пародонтального механорецептивного входа и производится из ВНЧС, мышечных, кожных, слизистых, периостальных механорецепторов, которые предоставляют механосенсорную информацию для кинетической чувствительности полости рта.

Несмотря на то, что нейрофизиологические и психофизические доказательства остеоперцепции накапливаются, гистоморфометрических данных о нейронных механизмах функциональной компенсации после нагрузки на имплантат по-прежнему недостаточно. Ряд авторов в своих работах описали и проанализировали периимплантатные нервные волокна вокруг остеоинтегрированных имплантов у человека. По их мнению, внутри кости рядом с поверхностью имплантата можно выявить как миелинизированные, так и немиелинизированные нервные волокна. Миелинизированные волокна также находились в тканях кости вокруг имплантата. Однако вокруг имплантатов не было обнаружено дифференцированных нервных окончаний. Наличие нервных волокон в периимплантатной кости человека, не исключает возможность роли периимплантатной костной иннервации в феномене остеоперцепции [15, 16].

Систематический обзор Dandan Song и соавторов так же указывает на существование феномена остеоперцепции после дентальной имплантации. Кость за счет своей эластичности и нервных окончаний компенсирует отсутствие проприоцепции у имплантатов, при этом уровень компенсации может быть различным и зависит от локализации дефекта, характера нагрузки и состояния костной ткани. Авторы выявили наличие единичных миелинизированных волокон вокруг имплантатов, при этом их количество было больше у имплантатов, установленных немедленно, после удаления зуба [17].

У взрослых людей в связи с хорошо развитой функцией жевания ориентация костных трабекул губчатого вещества в определенном направлении функционально обусловлена жевательным давлением. Под влиянием этого давления костная ткань челюсти перестраивается и образует утолщения компактного и губчатого веществ. Эти утолщения получили название-контрфорсы. Биологическое предназначение контрфорсов состоит в передаче жевательного давления с нижней челюсти на верхнюю и далее на основание и крышу черепа. Согласно современным данным, на верхней челюсти различают 4 контрфорса: лобно-носовой, альвеолярно-скуловой, крыловидно-небный и небный. По лобно-носовому контрфорсу жевательное давление от резцов, клыков и, частично, первых премоляров передается через носовой отросток на лобную кость. От боковой группы зубов жевательное давление передается на череп через скуловую контрфорс по трем направлениям:

- 1) через наружный край орбиты в лобную кость,
- 2) через скуловую дугу к основанию черепа,
- 3) через нижний край глазницы.

По третьей паре симметричных контрфорсов жевательное давление от боковых зубов передается на среднюю часть основания черепа [18].

Естественные зубы передают информацию о функциональной нагрузке на пародонтальные механорецепторы, с последующей кодировкой информации о том, какие зубы подвергаются нагрузке, и как направлены силы, приложенные к каждому зубу.

Dr. Gregori M. Kurtzman, совместно с Debbie Zafirogoulos сравнили ткани десны окружающие зуб и имплантат. Ориентация волокон десневой борозды вокруг естественного зуба прикрепляет эти волокна перпендикулярно длинной оси зуба, создавая определенный защитный барьер. У имплантата направление десневых волокон параллельно длине оси имплантата [19].

Протезы с опорой на ДИ необходимо устанавливать с небольшой инфроокклюзией для исключения восприятия первого контакта. Однако это утверждение не всегда находит применение, так как легкий окклюзионный контакт, во время фиксации, часто не остается постоянным на протяжении всего срока службы имплантата [7, 20, 21]. Биофизические различия между естественными зубами и зубными имплантатами заставляют пересмотреть концепции применения различных конструкций для восстановления дефектов зубных рядов [8]. Для решения этой задачи была разработана концепция защищенной от имплантатов окклюзии (IPO). Подход направлен на снижение нагрузки на границе между альвеолярной костью и имплантатом путем планирования лечения с учетом биомеханических принципов. Эти принципы включают в себя модификацию окклюзионной плоскости контактов, регулировку направления вектора сил и устранение боковой нагрузки [4].

Одиночная коронка с опорой на имплантат обычно имеет меньший окклюзионный контакт, чем у естественного зуба. Это помогает снизить нагрузку на имплантат, особенно на начальных этапах заживления и остеоинтеграции [10]. Большинство авторов указывают на то, что со временем функциональность коронки с опорой на имплантат улучшается. Это может быть связано с повышенной нагрузкой на коронку, большей площадью контакта и увеличенным временем окклюзии. Также выявлено, что процесс формирования регенеративного комплекса «кость-имплантат» начинается сразу после проведенного оперативного вмешательства, функциональные нагрузки наиболее эффективно способствуют стимулированию полноценного остеогенеза [22, 23].

После остеоинтеграции имплантат становится условно неподвижным [24]. Антагонизирующий естественный зуб может выдвигаться в ответ на небольшой контакт, сделанный во время установки коронки на имплантат, способствуя повышенному износу тканей зуба. Этот процесс может оказывать большее влияние на изменение функциональной окклюзии [24, 25].

Первоначально коронка с опорой на имплантат может не обеспечивать такой же интенсивности, как соседние естественные зубы. Но со временем оказываемая нагрузка приближается, а в некоторых случаях даже превосходит нагрузку у естественных зубов.

Заславский и соавторы [26] разработали трехмерную математическую модель напряженно-деформированного

состояния вокруг имплантата и естественного зуба и на основе полученных данных пришли к выводу: напряженно-деформированное состояние вокруг имплантата отличается от такового вокруг зуба большей величиной в кортикальной и губчатой костных тканях (соответственно на 39,55 % и 69,5 %), концентрацией напряжений в кортикальной кости в пришеечной зоне и в губчатой кости вокруг апикальной части имплантата.

Имплантирование при одиночных дефектах позволяет установить дентальный имплантат точно на место утраченного зуба, не затрагивая соседние структуры. Успешность такого лечения достигает 98 %, а срок службы имплантата с коронкой значительно превышает срок службы традиционных мостовидных протезов [27].

Важным преимуществом имплантации при включенных дефектах является возможность разделения нагрузки между естественными зубами и имплантатами. Исследования показывают, что при протяженности дефекта более трех зубов вероятность осложнений при использовании традиционных мостовидных протезов увеличивается в 2,5 раза, что делает имплантацию предпочтительным методом лечения [28].

При концевых дефектах можно использовать различные протоколы имплантации: от установки отдельных имплантатов под каждый отсутствующий зуб до применения мостовидных конструкций на меньшем количестве имплантатов. Важно отметить, что своевременное восстановление концевых дефектов предотвращает перегрузку оставшихся зубов и развитие дисфункции височно-нижнечелюстного сустава [29].

Разница между восстановлением концевого дефекта зубной дуги, и включенного дефекта, заключается в том, что имплантаты в области концевого дефекта имеют большую как в площади контакта, так и в силу нагрузки по всей стороне зубной дуги, в отличие от имплантатов, расположенных между естественными зубами, что также определяется и протяженностью дефекта. Следовательно, установка имплантата в области концевого дефекта может способствовать более сбалансированному распределению жевательного давления [30].

Не редко пациенты с полной адентией пользовались съемными пластиночными протезами, однако многие отмечали значительный дискомфорт, который проявлялся нарушением дикции, ухудшением вкусовых ощущений, сложностями при жевании пищи. Современные протоколы имплантации позволяют восстановить полностью утраченный зубной ряд с помощью различных методик. Наиболее популярными являются технологии All-on-4 и All-on-6, когда несъемная ортопедическая конструкция фиксируется на 4–6 имплантатах соответственно. Исследования показывают высокую эффективность такого метода лечения даже у пациентов с сопутствующими заболеваниями, характерными для старшей возрастной группы [31].

По настоящее время ведутся споры о возможности объединения в единую конструкцию естественных зубов и имплантатов [4], Muddugangadhar, Amarnath в своем исследовании оценили выживаемость имплан-

татов в трех группах: при использовании одиночных коронок с опорой на имплантаты она составила 96,45 %; в мостовидных протезах с опорой только на имплантаты — 94,55 %; а в мостовидных протезах с опорой на имплантаты и естественные зубы выживаемость составила 91,35 % после 5 лет функционирования [32].

Parel и Rieder по результатам наблюдений в своих исследованиях рекомендовали изготавливать мостовидные протезы с опорой только на имплантаты, чтобы избежать консольной нагрузки на имплантат из-за интрузии опорного зуба. Они определили, что при воздействии силы 100 Н естественные зубы со здоровым пародонтом смещаются до 200 мкм, а имплантаты меняют положение всего на 10 мкм. По этой причине протез, опирающийся на имплантат, становится «консольным», тем самым увеличивая нагрузку на имплантат, что может служить причиной нарушения остеоинтеграции и поломки опирающейся конструкции. При наличии подходящих условий и обоснований в качестве альтернативы при лечении частичной адентии можно рекомендовать сочетание имплантатов и зубных опор. На основе литературных данных были даны клинические рекомендации, которые помогут повысить эффективность этого метода лечения [33].

Ряд авторов указывают, что средние значения напряжений для коронки, титанового имплантата и естественного зуба, были выше у имплантата (9.5E) по сравнению с естественным зубом (2.98E) [34].

Шлык А. Д. с соавторами при экспериментальной оценке силы жевательного давления установили, что сила жевательного давления увеличивается, относительно интактных зубных рядов в зависимости от наличия в антагонизирующих группах, объединенных в блок собственных зубов, и несъемных ортопедических конструкций с опорой на дентальные имплантаты. Антагонизирующие пары зубных рядов показали, что значения средней функциональной нагрузки в дистальных отделах челюстей, в которых ортопедические конструкции с опорой на имплантаты с антагонистами — шинированными зубами показали наименьшее значение развиваемой силы жевательного давления (36,4 кг). Ортопедические конструкции с опорой на имплантаты с антагонистами — шинированные ортопедическими конструкциями зубы показали средние значения развиваемой силы жевательного давления (42,4 кг), а ортопедические конструкции с опорой на имплантаты с идентичными антагонистами показали наибольшие значения развиваемой силы жевательного давления (47,2 кг) [27].

Нарушение окклюзионного ощущения имплантата может быть компенсировано повышением чувствительности мышечных тканей, чувствительных рецепторов в височно-нижнечелюстном суставе, остеовосприятием или усилением пародонтального ощущения зуба антагониста [35]. Восстановление этих периферических ощущений путей обратной связи можно рассматривать как физиологическую адаптацию зубочелюстной системы к конструкции с опорой на имплантат [11]. Поддержание стабильной окклюзии после установки конструкции при-

водит к значительному снижению механических и биологических осложнений, следовательно, увеличивается срок службы протеза с опорой на имплантаты [36].

Вывод

Проведенный анализ литературы значимо показал, что при протезировании дефектов зубных рядов с использованием ДИ необходим точный индивидуализированный цифровой анализ силовых взаимоотношений. Такой подход в значительной степени позволит прово-

дить коррекцию функциональной окклюзии в аспекте создания гармонии в краниомандибулярной системе. Правильное воссоздание морфометрических параметров зубов и зубных рядов значимо, наряду с точной моделировкой зубных протезов, позволит нормализовать биомеханику жевательного аппарата с восстановлением функционирования нейромышечных механизмов стоматогнатического комплекса.

Литература/References

1. Вафина К. И., Житко А. К., Житко Р. К. Постоянное протезирование на имплантате. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2023;(3):146–150. [Vafina C. I., Zhitko A. K., Zhitko R. K. Permanent prosthetics on the implant. Modern Science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences. 2023;(3):146–150. (In Russ.).] <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/3/2023/%E2%84%9603/9eeb3e38-5324-4d00-8e50-3683e5f6c1d8>
2. Иорданишвили А. К., Музыкин М. И., Жарова Е. Н. Проявление жевательного рефлекса у пациентов, пользующихся ортопедическими конструкциями на искусственных опорах. Известия Российской военно-медицинской академии. 2021;40(S2):104–110. [Iordanishvili A. K., Muzykin M. I., Zharova E. N. Manifestation of the masticatory reflex in patients using orthopedic structures on dental implants. Russian Military Medical Academy Reports. 2021;40(S2):104–110. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=46216907>
3. Стафеев А. А., Хижук А. В., Викторова И. А., Соловьёв С. И., Касенов Р. Ш., Сопотинский Д. В. Особенности алгоритма ведения пациентов с метаболическим синдромом при протезировании несъемными конструкциями с опорой на дентальные имплантаты. 2025;28(4):76–82. [Stafeev A. A., Khizhuk A. V., Viktorova I. A., Solov'yev S. I., Kasenov R. Sh., Sopotinsky D. V. Features of the algorithm for managing patients with metabolic syndrome during prosthetics with fixed structures supported by dental implants. Clinical Dentistry (Russia). 2025;28(4):76–82. (In Russ.).] https://doi.org/10.37988/1811-153X_2025_4_76
4. Sadowsky S. J. Occlusal overload with dental implants: a review. International journal of implant dentistry. 2019;5(1):29. <https://doi.org/10.1186/s40729-019-0180-8>
5. Статенина Е. А., Аболмасов Н. Н., Верховский А. Е., Сердюков М. С., Ковалёва И. А., Минаев Б. В. и др. Возможности и перспективы объединения имплантатов и естественных зубов при замещении дефектов зубных рядов (литературный обзор) (Часть I). Институт стоматологии. 2019;(1):102–103. [Statenina E. A., Abolmasov N. N., Verkhovskii A. E., Serdyukov M. S., Kovaleva I. A., Minaev B. V. et al. Opportunities and perspectives of tooth-implant connection for replacement of defects of dentition (literature review). The Dental Institute. 2019;(1):102–103. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=39154493>
6. Гветадзе Р. Ш., Стрекалов А. А., Смердов А. А. Изучение влияния окклюзионной поверхности естественного зуба, искусственных коронок с опорой на дентальный имплантат на распределение напряжения методом конечных элементов с учетом коэффициента трения. Стоматология. 2021;100(3):13–18. [Gvetadze R. S., Strekalov A. A., Smerdov A. A. Study of the effect of the occlusal surface of a natural tooth and fixed partial dentures supported by dental implants on the stress distribution by finite element analysis. Stomatology. 2021;100(3):13–18. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/stomat202110003113>
7. Assaratgoon I., Putra R. H., Hihara H., Kawata T., Chiba T., Rungsiyakull P. et al. Occlusal Contact Changes in Implant-Supported Fixed Prostheses: A Systematic Review. Journal of oral rehabilitation. 2025;52(11):2185–2194. <https://doi.org/10.1111/joor.70015>
8. Рожнов С. М., Ломакин М. В. Экспериментальное сравнительное исследование зубов и дентальных имплантатов. Российская стоматология. 2018;11(3):18–24. [Rozhnov S. M., Lomakin M. V. The experimental comparative study of teeth and dental implants. Russian Journal of Stomatology. 2018;11(3):18–24. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/rosstomat20181103118>
9. Bashiri R., Luke A., Weiner S. Comparative Analysis of Sensory Responses from Dental Implants vs Natural Teeth: An In Vivo Study. The International journal of oral & maxillofacial implants. 2023;38(2):321–327. <https://doi.org/10.11607/jomi.9553>
10. Мишнев М. Л., Трезубов В. Н., Розов Р. А., Ткачева О. Н., Вебер В. Р., Фролова Е. В. и др. Прогнозирование сохраняемости внутрикостных имплантатов в участках наибольшей функциональной нагрузки на имплантационный протез. Институт стоматологии. 2022;(3):88–89. [Mishnev M. L., Trezubov V. N., Rozov R. A., Tkacheva O. N., Veber V. R., Frolova E. V. et al. Predicting the survival rates of dental implants in areas of the highest functional load on the implant prosthesis. The Dental Institute. 2022;(3):88–89. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=49483817>
11. Mao Z., Bleiel H., Beuer F., Böse M. W.H., Soetebeer M. Occlusal changes on implant-supported single crowns with one year follow-up after loading: a systematic review and meta-analysis. Journal of dentistry. 2024;146:105000. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105000>
12. Иорданишвили А. К. Профессор Иосиф Соломонович Рубин — ученый, клиницист, педагог. Российский стоматологический журнал. 2021;25(5):469–474. [Iordanishvili A. K. Professor Iosif Solomonovich Rubin — scientist, clinician, pedagogue. Russian Journal of Dentistry. 2021;25(5):469–474. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17816/1728-2802-2021-25-5-469-474>
13. Музыкин М. И., Иорданишвили А. К., Васильев А. Г., Забежинский М. М., Сериков А. А. Современные представления об остеоперцепции и особенностях формирования рефлексов жевательного аппарата при использовании дентальных имплантатов (обзор литературы). Клиническая патофизиология. 2021;27(2):47–53. [Muzykin M. I., Iordanishvili A. K., Vasil' Ev A. G., Zabezhinskiy M. M., Serikov A. A. Modern concepts of osteoperception and the peculiarities of the formation of reflexes of the masticatory apparatus when using dental implants (literature review). Clinical Pathophysiology. 2021;27(2):47–53. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=65612176>
14. Рожнов С. М., Ломакин М. В. Состоятельность зубов и имплантатов: морфометрические характеристики в сравнении с конструкционными особенностями. Российская стоматология. 2015;8(2):49–57. [Rozhnov S. M., Lomakin M. V. The teeth and implant consistence: the morphometric characteristics in comparison with design features. Russian Journal of Stomatology. 2015;8(2):49–57. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/rosstomat20158249-57>
15. González-Gil D., Dib-Zaitum I., Flores-Fraile J., López-Marcos J. Importance of Osseoperception and Tactile Sensibility during Masticatory Function in Different Prosthetic Rehabilitations: A Review. Medicina (Kaunas). 2022;58(1):92. <https://doi.org/10.3390/medicina58010092>
16. Huang Y., van Dessel J., Martens W., Lambrechts I., Zhong W. J., Ma G. W. et al. Sensory innervation around immediately vs. delayed loaded implants: a pilot study. International Journal of Oral Science. 2015;7(1):49–55. <https://doi.org/10.1038/ijos.2014.53>
17. Song D., Shujaat S., Politis C., Orhan K., Jacobs R. Osseoperception following dental implant treatment: A systematic review. Journal of oral rehabilitation. 2022;49(5):573–585. <https://doi.org/10.1111/joor.13296>
18. Пономарев А. А. Закономерности строения верхней и нижней челюстей в норме, при различных видах ретенции и отсутствии зубов мудрости: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Санкт-Петербург; 2018. 39 с. [Ponomarev A. A. Patterns of the structure of the upper and lower jaws in the norm, with various types of retention and the absence of wisdom teeth: abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences. St. Petersburg; 2018. 39 p. (In Russ.).] https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008706986/?ysclid=mo9n25qdc6106009720
19. Kurtzman G. M., Zafiroopoulos D. Oral hygiene and dental implant maintenance: part 1. Implant Practice US. Available from: <https://implantpracticeus.com/ce-articles/oral-hygiene-and-dental-implant-maintenance-part-1>
20. Гветадзе Р. Ш., Стрекалов А. А. Влияние морфологических параметров естественных зубов и несъемных ортопедических конструкций с опорой на дентальные имплантаты на время окклюзии. Стоматология. 2021;100(2):60–63. [Gvetadze R. S., Strekalov A. A. Influence of morphological parameters of natural teeth and fixed partial dentures supported by dental implants on the time of occlusion. Stomatology. 2021;100(2):60–63. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/stomat202110002160>
21. Kim Y. J., Ko K. N., Huh Y. H., Cho L. R., Park C. J. Initial change in the occlusal force and occlusal contact area following single molar implant restoration. The International journal of oral & maxillofacial implants. 2021;36(6):1139–1146. <https://doi.org/10.1111/ijos.12519>
22. Зекий А. О. Аппаратная оценка жевательной функции в прогнозе адаптации к ортопедическим конструкциям с опорой на дентальные имплантаты. Институт стоматологии. 2017;(2):28–29. [Zekiy A. O. Instrumental evaluation evaluation of the chewing function in the prediction of adaptation to orthopedic constructions based on dental implants. The Dental Institute. 2017;(2):28–29. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=29436539>
23. Сирак С. В., Жеурова М. О., Сирак А. Г., Магомедова О. Г., Арутюнова А. П. Интенсивность репаративной регенерации кости в перимплантной зоне в статике и при жевательных нагрузках в эксперименте. В: Одинцова И. А., Костюкевич С. В., Слущка Д. Р., ред. Вопросы морфологии XXI века: Сборник научных трудов 26-й Всероссийской научной конференции; Санкт-Петербург; 16–17 мая 2024 года. Санкт-Петербург: ДЕАН; 2024. С. 288–293. [Sirak S. V., Zheurova M. O., Sirak A. G., Magomedova O. G., Arutyunova A. P. Intensity of reparative bone regeneration in the peri-implant zone in statics and under masticatory loads in the experiment. In: Odintsova I. A., Kostyukovich S. V., Slutskaya D. R., eds. Issues of morphology of the 21st century: Collection of scientific papers of the 26th All-Russian scientific conference; St. Petersburg; May 16–17, 2024. St. Petersburg: DEAN; 2024. Pp. 288–293. (In Russ.).] <https://elibrary.ru/item.asp?id=67903337>

24. Дашевский И. Н., Шушпанников П. С. Влияние профиля резьбы на первичную стабильность дентальных имплантатов. В: Усанов Д. А., ред. Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине — 2017: Материалы Всероссийской школы-семинара; Саратов; 01 октября 2017 года. Саратов: Саратовский источник; 2017. С. 133–136. [Dashevsky I. N., Shushpannikov P. S. Influence of thread profile on primary stability of dental implants. In: Usanov D. A., ed. Methods of computer diagnostics in biology and medicine — 2017: Proceedings of the All-Russian school-seminar; Saratov; October 1, 2017. Saratov: Saratov source; 2017. Pp. 133–136. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32277114>
25. Graves C. V., Harrel S. K., Rossmann J. A., Kerns D., Gonzalez J. A., Kontogiorgos E. D. et al. The Role of Occlusion in the Dental Implant and Peri-implant Condition: A Review. *The open dentistry journal*. 2016;10:594–601. <https://doi.org/10.2174/1874210601610010594>
26. Заславский Р. С., Олесова В. Н., Повстянко Ю. А., Олесов Е. Е., Кобзев И. В. Трехмерное математическое моделирование функциональных напряжений вокруг дентального имплантата в сравнении с однокорневым зубом. Российский вестник дентальной имплантологии. 2022;(3–4):4–10. [Zaslavsky R. S., Olesova V. N., Povstyanko Yu. A., Olesov E. E., Kobzev I. V. Three-Dimensional Mathematical Modeling of Functional Stresses Around a Dental Implant in Comparison with a Single-Root Tooth. *Rossiiskij vestnik dental'noj implantologii*. 2022;(3–4):4–10. (In Russ.)].
27. Вафина К. И., Житко А. К., Житко Р. К. Постоянное протезирование на имплантате. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023;(3):146–150. [Vafina C. I., Zhitko A. K., Zhitko R. K. Permanent prosthetics on the implant. *Modern Science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences*. 2023;(3):146–150. (In Russ.)]. <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/3/2023/%E2%84%9603/9eeb3c38-5324-4d00-8c50-3683e5f6c1d8>
28. Олесова В. Н., Лесняк А. В., Каламбаров А. Э. Сравнительная характеристика отдаленных результатов протезирования на имплантатах различных систем. Российский стоматологический журнал. 2018;22(4):172–175. [Olesova V. N., Khafizov R. G., Shmatov K. V., Ivanov A. S., Martynov D. V. Dynamics of osteointegration of construction materials of dental implants on electron-microscopic estimation data and elemental analysis of the composition of bone tissue. *Russian Journal of Dentistry*. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-4-172-175>
29. Трунин Д. А., Садыков М. И., Нестеров А. М., Постников М. А., Нестеров Г. М., Чистякова М. С. Проблема ортопедического лечения больных с концевыми дефектами зубного ряда. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018;13(2):441–446. [Trunin D. A., Sadykov M. I., Nesterov A. M., Postnikov M. A., Nesterov G. M., Chistyakova M. S. The problem of orthopaedic dental treatment in patients with free -end edentulous spaces. *Medical news of the North Caucasus*. 2018;13(2):441–446. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13072>
30. Шлык А. Д., Гильманова Н. С., Рудова А. И., Широкова Ю. А., Воропаева М. И., Белоконев В. А. Оценка жевательного давления в дистальных отделах челюстей при ортопедическом лечении с опорой на имплантаты. Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2025;27(12):18–24. [Shlyk A. D., Gilmanova N. S., Rudova A. I., Shirokova Ju. A., Voropaeva M. I., Belokonev V. A. Assessment of chewing pressure in the distal parts of the jaws during orthopedic treatment based on implants. *Medical & Pharmaceutical Journal «Pulse»*. 2025;27(12):18–24. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2025-27-12-18-24>
31. Семенов А. Д., Ушницкий И. Д., Иванов А. В., Пинелис И. С., Унусян О. С., Пинелис Ю. И. и др. Современные аспекты морфофункциональных изменений челюстно-лицевой области при частичном и полном отсутствии зубов, учитывающиеся при дентальной имплантации. Якутский медицинский журнал. 2025;(2):112–117. [Semenov A. D., Ushnitsky I. D., Ivanov A. V., Pinelis I. S., Unusyan O. S., Pinelis Yu. I. et al. Modern aspects of morphofunctional changes in the maxillofacial area in partial and complete absence of teeth in dental implantation. *Yakut Medical Journal*. 2025;(2):112–117. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.90.24>
32. Muddugangadhar B. C., Amarnath G. S., Sonika R., Chheda P. S., Garg A. Meta-analysis of Failure and Survival Rate of Implant-supported Single Crowns, Fixed Partial Denture, and Implant Tooth-supported Prosthesis. *Journal of international oral health*. 2015;7(9):11–17. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26435609/>
33. Al-Omiri M. K., Al-Masri M., Alhijawi M. M., Lynch E. Combined Implant and Tooth Support: An Up-to-Date Comprehensive Overview. *International journal of dentistry*. 2017;2017:6024565. <https://doi.org/10.1155/2017/6024565>
34. Javali M. A., Sanadi R. M., Badruddin I. A., AlQahtani S. M., Khader M. A., Abdelrazag Ibrahim W. S. et al. Comparative analysis of occlusal stresses on bone around natural teeth, platform matched and switched implants abutments: a finite element study. *Scientific reports*. 2025;15(1):19541. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02570-2>
35. Ispas A., Craciun A., Kui A., Lascu L., Constantiniuc M. Occlusal forces and their transmission to the periodontium. *Human & Veterinary Medicine*. 2019;11(1):18–21. <https://hvm.bioflux.com.ro/docs/2019.6-10.pdf>
36. Заславский Р. С., Олесов Е. Е., Глазкова Е. В., Попов А. А., Зверьяев А. Г., Олесова В. Н. Биомеханические условия протезирования на имплантатах на современном этапе. Российский вестник дентальной имплантологии. 2023;(1):25–31. [Zaslavsky R. S., Olesov E. E., Glazkova E. V., Popov A. A., Zveryaev A. G., Olesova V. N. Biomechanical conditions of prosthetics on implants at the present stage. *Rossiiskij vestnik dental'noj implantologii*. 2023;(1):25–31. (In Russ.)].