

Цифровые методы диагностики нарушений окклюзионных взаимоотношений

Е.Н. Ярыгина¹, С.В. Поройский¹, Ю.А. Македонова^{1, 2}, А.А. Воробьев^{1, 2},
Д.Ю. Дьяченко¹, Л.М. Гаврикова¹

¹Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Российская Федерация

²Волгоградский медицинский научный центр, Волгоград, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Нарушения окклюзии – предикторы не только заболеваний полости рта, но и эндокринных, сердечно-сосудистых, когнитивных нарушений, что является общемедицинской проблемой. Перспективными подходами к оценке окклюзионного статуса пациента являются цифровизация диагностических процессов и трансформация традиционных методов путем применения компьютерных технологий, что определяет актуальность анализа цифровых методов диагностики нарушений окклюзионных взаимоотношений.

Цель. Анализ цифровых методов и устройств для диагностики нарушений окклюзионных взаимоотношений.

Материалы и методы. Проведен систематический анализ 40 научных публикаций, посвященных цифровым методам диагностики окклюзионного дисбаланса за период 2016-2024 гг. В ходе исследования рассмотрены характеристики электронных устройств для регистрации силы окклюзии, базирующихся на едином принципе трансформации силы в электрическую энергию с помощью различных датчиков. Цифровые методики применяются для исследования функционального состояния жевательной системы: при выявлении развившихся ранее нарушений височно-нижнечелюстного сустава, переломов нижней челюсти и деформаций прикуса, а также для динамического контроля показателей силы окклюзии в процессе терапии. Инновационные разработки портативных электронных сенсоров открывают перспективы для их имплантации вместе с управляющими чипами в зубные протезы, шины для стабилизации окклюзии, что позволит осуществлять мониторинг параметров силы сжатия зубов, в том числе с помощью искусственного интеллекта.

Результаты. Разработка новых методик и приборов, высокочувствительных датчиков для определения силы жевательного давления открывает новые диагностические возможности и дает потенциал к выявлению ранее недоступных к анализу клинических параметров. Новейшие разработки аппаратных технологий на основании нейросетевого анализа способны сокращать время постановки точного диагноза и прогнозировать риск развития возможных осложнений.

Закключение. В Российской Федерации и за рубежом разрабатывается большое количество цифровых методов диагностики окклюзионного дисбаланса, приоритет которых будет неоспорим в будущем. В настоящее время на скорость внедрения цифровых окклюзионных методик в повседневную стоматологическую практику влияют не только сложности оснащения клиник цифровым оборудованием, но и недостаточный уровень цифровых компетенций врачей-стоматологов. Решение этих проблем поможет достичь эффективного оказания стоматологической помощи пациентам с окклюзионными нарушениями.

Ключевые слова: окклюзионные взаимоотношения; нарушения окклюзии; цифровые технологии; окклюзионные сенсоры.

Для цитирования: Ярыгина ЕН, Поройский СВ, Македонова ЮА, Воробьев АА, Дьяченко ДЮ, Гаврикова ЛМ. Цифровые методы диагностики нарушений окклюзионных взаимоотношений. *Пародонтология*. 2024;29(3):000-000. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2024-974>.

Digital methods for diagnosing dental occlusion disorders

E.N. Yarygina¹, S.V. Poroykiy¹, Yu.A. Makedonova^{1, 2}, A.A. Vorobyov^{1, 2},
D.Yu. Dyachenko¹, L.M. Gavrikova¹

¹Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

²Volgograd Medical Scientific Center, Volgograd, Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. Occlusal disorders are not only predictors of oral diseases but are also associated with systemic conditions such as endocrine, cardiovascular, and cognitive disorders, highlighting their broader significance in medicine. The digitization of diagnostic processes and the integration of computer technologies into traditional methods offer promising advancements in assessing occlusal status. This makes the analysis of digital methods for diagnosing occlusal relationship disorders particularly relevant.

Purpose. To evaluate digital methods and devices used for diagnosing occlusal relationship disorders.

Material and methods. A systematic review was conducted, analyzing 40 scientific publications from 2016 to 2024 that focus on digital methods for diagnosing occlusal imbalance. The study assessed electronic devices that measure occlusal force by converting mechanical force into electrical signals using various sensors. These digital methods are employed to evaluate the functional state of the masticatory system, including the detection of temporomandibular joint disorders, mandibular fractures, and occlusal deformities, as well as to monitor occlusal force dynamics during treatment. Recent advancements in portable electronic sensors suggest potential applications for their integration with control chips into dental prostheses or occlusal stabilization splints, allowing real-time monitoring of tooth compression forces, potentially enhanced by artificial intelligence.

Results. The development of new diagnostic methods and devices equipped with highly sensitive sensors for measuring masticatory pressure opens new avenues for identifying clinical parameters that were previously difficult to analyze. Recent advances in hardware technology, particularly those utilizing neural network analysis, have the potential to expedite accurate diagnosis and predict the risk of complications.

Conclusion. Both in Russia and internationally, significant progress is being made in the development of digital methods for diagnosing occlusal imbalance. These methods are poised to become a priority in the future of dental practice. However, the adoption of digital occlusal methods into routine dental practice is currently hindered by challenges related to the availability of digital equipment in clinics and the insufficient digital skills of many dentists. Addressing these challenges is crucial for improving the quality of dental care for patients with occlusal disorders.

Key words: dental occlusion, occlusal disorders, digital technologies; occlusal sensors.

For citation: Yarygina EN, Poroyskiy SV, Makedonova YuA, Vorobyov AA, Dyachenko DY, Gavrikova LM. Digital methods for diagnosing dental occlusion disorders. *Parodontologiya*. 2024;29(3):000-000 (in Russ.). <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2024-974>.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Нарушения окклюзии являются предикторами развития многих заболеваний полости рта, в частности патологий твердых тканей зубов, пародонта, височно-нижнечелюстного сустава. Кроме того, многочисленными исследованиями доказано влияние окклюзионного дисбаланса на развитие эндокринных (сахарный диабет) и сердечно-сосудистых заболеваний, когнитивных нарушений [1-3]. Также снижение окклюзионной силы является одним из диагностических признаков теста на гипофункцию полости рта, который оценивает помимо этого гигиену полости рта, сухость во рту, сокращение движения и давления языка, падение функции жевания и глотания, при этом тест считается положительным при наличии минимум трех критериев [4]. Концепция «гипофункции полости рта» была предложена в качестве многофакторной модели изучения жевательной деятельности у пожилых пациентов, но недавно проведенные исследования доказали ее актуальность и у молодых людей, особенно по параметру окклюзионной силы [5]. Таким образом, диагностика нарушения окклюзии является не только стоматологической, но и общемедицинской проблемой, поскольку она может служить для исследования связи между здоровьем полости рта и общим здоровьем человека.

Проведение качественной, точной и в то же время быстрой оценки окклюзионного статуса паци-

ента представляет собой критическую дилемму для врача-стоматолога, решать которую приходится ежедневно. Поэтому так актуальны запросы врачей практического здравоохранения для разработки эффективных и доступных методов выявления окклюзионного дисбаланса. Врачи-стоматологи на клиническом приеме хотели бы иметь в распоряжении методики диагностики нарушения окклюзии, которые отвечали бы современным требованиям оказания стоматологической помощи пациентам: эффективность, точность, надежность, экономичность, простота применения. Реализацию этих требований можно осуществить с помощью ключевых векторов развития технологий диагностики и коррекции окклюзионных нарушений.

Перспективным подходом к оценке стоматологического статуса пациента является цифровизация диагностических процессов, призванных осуществлять задачи не только коррекции патологии окклюзии, но и цифрового сопровождения пациента в виде создания его цифрового профиля для проведения мониторинга, в том числе и телемедицинского, а также профилактических и реабилитационных мероприятий [6]. Разработка инновационных технологий поддержана на государственном уровне, поскольку цифровая трансформация здравоохранения объявлена одной из национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года. Не менее значимым направлением является обновле-



ние и усовершенствование традиционных, применяемых в течение многих лет, методов диагностики окклюзионного дисбаланса, которые сейчас активно трансформируются с учетом требований времени путем применения компьютерных технологий.

Таким образом, высокая распространенность и многообразие заболеваний полости рта, развивающихся в результате нарушения окклюзии, ограничения в применении современных диагностических технологий определяют актуальность анализа цифровых методов диагностики нарушения окклюзии.

Цель исследования – анализ цифровых методов и устройств для диагностики нарушений окклюзионных взаимоотношений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен систематический анализ 40 научных публикаций, посвященных цифровым методам диагностики окклюзионного дисбаланса за период 2016-2024 гг. Из них 9 работ были проиндексированы в российских научных электронных библиотеках (Ки-

берЛенинка и eLibrary) и 31 статья – в международных электронных базах (PubMed, Google Scholar, ResearchGate). При поиске искомым источников использовали следующие комбинации ключевых слов: окклюзионные взаимоотношения, нарушения окклюзии, цифровые технологии, окклюзионные сенсоры.

Исходя из анализа данных литературы, практикующим врачам предложено множество коммерческих электронных устройств для регистрации силы окклюзии, базирующихся на едином принципе трансформации силы в электрическую энергию с помощью различных датчиков [7, 8]. По механизму действия их классифицируют как тензодатчики, пьезоэлектрические и пьезорезистивные преобразователи, датчики давления [9]. Примечательно, что эти устройства применимы в нескольких диагностических целях, определяющих функциональное состояние жевательной системы: при выявлении развившихся ранее нарушений височно-нижнечелюстного сустава, переломов нижней челюсти и деформаций прикуса, а также для динамического контроля показателей силы окклюзии в процессе терапии [10]. Краткие характеристики устройств для определения силы окклюзии представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики устройств для определения силы окклюзии
Table 1. Table 1. Characteristics of devices for measuring occlusal force

Тип (устройство) Type (device)	Состав Composition	Преимущества Advantages	Недостатки Disadvantages
Тензодатчики Strain-gauge transducer (Dentoforce 2, Itlab, IDD, Kratos)	Металлическая прикусная вилка, покрытая резиной или пластиковым диском, цифровой монитор Metal bite fork covered with rubber or plastic disc, digital display	Высокая точность, широкий спектр измерений, малый вес и размер High accuracy, wide range of measurements, low weight and size	Толщина прикусной вилки более 10 мм, вмешательство в окклюзию во время измерений Bite fork thickness greater than 10 mm, interference with occlusion during measurements
Пьезорезистивные преобразователи Piezoresistive transducers (FSR151, Interlink Electronics, Flexiforce, Tekscan)	Листы термопластика с встроенными проводящими электродами и полупроводниковыми полиэфиримидными чернилами или электронное устройство для обнаружения изменения сопротивления датчика Thermoplastic sheets with embedded conductive electrodes and semiconducting polyetherimide ink or an electronic device to detect changes in sensor resistance	Высокая чувствительность, тонкие, малый вес, недорогие High sensitivity, thin, light weight, inexpensive	Менее точные по сравнению с тензодатчиками Less accurate than strain-gauge transduce
Датчики давления Pressure sensors (GM10, Nagano Keiki; MPX 5700 Motorola, SPS)	Окклюзионный виниловый элемент или гибкая окклюзионная трубка Vinyl occlusal element or flexible occlusal tube	Портативные, мягкие, создают равномерное распределение силы Portable, soft, creates an even distribution of force	Неточности измерения Measurement inaccuracies
Пьезоэлектрические датчики Piezoelectric sensors (T-scan III, Tekscan)	Пьезоэлектрический сенсор из фольги Piezoelectric foil sensor	Тонкий (0,1 мм) и гибкий сенсор, количественное определение силы окклюзии Thin (0.1 mm) and flexible sensor, quantitative occlusion force detection	Недостаточная чувствительность датчика, узкий диапазон Insufficient sensor sensitivity, narrow range

Тензодатчики

Тензодатчик (от лат. *tensus* – «напряженный») – измерительный инструмент, использующийся в устройствах для определения давления и контроля приложенной силы. Основным элементом тензодатчика является тензорезистор (чувствительный элемент), преобразовывающий изменение механической деформации, возникающей в приборе при сжатии зубов, в пропорциональное изменение сопротивления с трансформацией в электрический или цифровой сигнал, который передается на индикатор отображения [11]. Таким образом, изменение напряжения или тока, записанное на дисплее, можно использовать для определения деформации испытуемого образца [12]. Устройства на основе тензодатчиков используют металлические прикусные вилки, покрытые различными материалами (резина, пластик), которые подключаются к цифровому монитору. Пациенту предлагают максимально сильно кусать прикусную вилку 3–4 секунды, при этом на мониторе отображаются показатели силы сжатия зубов [13].

Преимуществами тензодатчиков является высокая чувствительность и точность измерений, позволяющих регистрировать силу окклюзионного давления в широком диапазоне от минимального до максимального (1000 Н) [14]. Кроме того, они удобны для применения в клинической практике, потому что имеют малые размеры, легкий вес и могут использоваться в различных условиях окружающей среды, так как оснащены надежной защитой от загрязнений и влаги.

Один из недостатков устройств на основе тензодатчиков заключается в сложности регистрации максимальной силы сжатия зубов из-за металлической поверхности сенсора, что служило препятствием для пациентов вследствие развития чувства страха накусывать твердое прикусное устройство. И хотя в современных устройствах приняты меры по защите металлической поверхности за счет ее покрытия специальными материалами (резиной, пластиком), для некоторых пациентов остается сложным выполнить требования по максимальной силе накусывания твердой прикусной вилки. Кроме того, надо учитывать давление достаточно толстой (более 10 мм) прикусной вилки, поэтому требуется четкое позиционирование датчика относительно зубной дуги.

Пьезорезистивные преобразователи

Пьезорезистивные преобразователи также называют преобразователями давления сопротивления, так как их сопротивление уменьшается с увеличением давления. Пьезорезистивные преобразователи используют комбинацию полупроводниковых материалов (например, кремния) и технологии интегральных схем. Принцип действия заключается в том, что при сжатии зубов различной силы, которая воспринимается кремниевым материалом, удельное сопротивление изменяется, и выходной электрический сигнал, пропорциональный изменению силы, можно получить с помощью схемы измерения [15].

Преимуществами пьезорезистивных преобразователей являются высокая чувствительность, точность и стабильность измерений, малый размер и вес. Исследования пьезорезистивных датчиков подтверждают отсутствие у них проблем, присущих тензорезисторам, так как они тонкие (0,2 мм), что позволяет определять силу сжатия зубов без влияния на окклюзию самого устройства. К тому же возможна интеграция схем сопротивления и преобразования сигналов на кремниевых чипах [16]. Пьезорезистивные датчики недорогие, простые в производстве и использовании, поэтому широко применяются в медицине не только для оценки силы окклюзии у стоматологических пациентов, но и для контроля давления в сердечно-сосудистой и внутричерепной системах [17, 18]. Однако в некоторых исследованиях было доложено о неточности измерений этих сенсоров относительно датчиков давления других типов [19].

Датчики давления

Датчики давления работают на основе трансформации давления жидкости или газа в электрические сигналы. Они содержат камеру, заполненную жидкостью или воздухом, и окклюзионные компоненты (гибкие трубки, виниловые элементы) [20]. По содержимому камеры датчики давления классифицируют как пневматические и гидравлические приборы [21]. Принцип действия заключается в повышении давления в камере при нажатии зубов на окклюзионные составляющие датчиков и передаче сигнала на считывающие устройства.

Достоинства: точность и повторяемость измерений, возможность регистрации максимальной силы сжатия зубов в 1000 Н. Для врача-стоматолога важным является то, что окклюзионные элементы могут адаптироваться к индивидуальной анатомии зубов за счет упругой деформации, обеспечивая при этом равномерное распределение силы сжатия. Пациенты отмечают комфорт и безопасность максимального накусывания на мягкую поверхность окклюзионного элемента, что, несомненно, повышает надежность регистрации максимальной силы сжатия зубов. Слабой стороной пневмодатчиков давления является невозможность работать с различными средами, кроме сухого воздуха, что впоследствии может привести к неточностям измерения и поломке устройства.

Пьезоэлектрические преобразователи

Пьезоэлектрические преобразователи – это устройства, механизм действия которых основан на использовании пьезоэлектрического эффекта для трансформации окклюзионного давления в электрический сигнал [22]. Во время сжатия зубов происходит генерация электрических зарядов пьезоэлектрическим материалом датчика, затем усиление и преобразование импеданса в электрический выход, пропорциональный силе давления.

Пьезоэлектрические материалы в качестве чувствительных элементов датчиков, представляют со-

бой пьезоэлектрические кристаллы кварца, пьезоэлектрическую керамику (цирконат-титанат свинца) и полимерные пьезоэлектрические материалы (поливинилиденфторид) [23, 24]. Пьезоэлектрические кристаллы кварца, которые применялись ранее чаще всего, показали свою хрупкость, что предопределяет трудности в работе с ними. Пьезоэлектрическая полимерная пленка отвечает современным требованиям к материалам для сенсоров по силе пьезоэлектрического эффекта и гибкости, соответствию акустического импеданса таковому у биологических тканей [25]. Представляет определенный интерес комбинация пьезокерамики и полимеров в качестве сенсорных компонентов, что позволяет достичь максимальной точности измерений [26].

Пьезоэлектрические устройства обладают точностью измерений силы и площади окклюзионного контакта, а с помощью компьютерного анализа можно получить трехмерную карту динамического изменения окклюзионной силы пациента. Ценными характеристиками пьезоэлектрических преобразователей являются высокая прочность, надежность и достаточная стабильность, портативные размеры, легкий вес. Из недостатков некоторые исследователи указывают на недостаточную гибкость датчиков, влияющую на точность позиционирования сенсоров на окклюзионных поверхностях зубов, и узкий измерительный диапазон [27].

Волоконно-оптические датчики

Современные волоконно-оптические датчики давления представляют собой устройства, которые регистрируют силу сжатия зубов с помощью оптического преобразователя, вызывающего изменение свойств света, с последующей беспроводной передачей информации на компьютер [28]. Принцип действия волоконно-оптических сенсоров давления показан на рисунке 1.

В научной литературе сообщается об исследованиях по разработке и внедрению в клиническую практику для мониторинга силы окклюзионного давления человека квазираспределенных волоконно-оптических датчиков на брэгговских решетках, представляющих собой возмущение эффективного показателя преломления в сердцевине оптоволокна [29]. Авторами получены характеристики изменения окклюзионного давления как функции длины волны решетки Брэгга, что может быть использовано для повышения скорости и точности измерений [30].

Преимуществами волоконно-оптических сенсоров окклюзионного давления являются миниатюрные размеры, независимость от электрической энергии, индифферентность к электромагнитным помехам, диэлектрические свойства, что предопределяет их перспективное использование, в том числе для мониторинга нарушений окклюзионных взаимоотношений с помощью беспроводных технологий [31].

Методы индексной оценки окклюзионных контактов

Ряд исследований посвящен разработке методов индексной оценки окклюзионных нарушений с помощью артикуляционной бумаги различной толщины и цвета для выявления статических и динамических контактов с последующим фотографированием и переводом в цифровую форму для компьютерной диагностики, а также 3D-анализа окклюзионного дисбаланса с использованием сканов зубных рядов и изучения цифровых моделей [32, 33]. Экспонентный мониторинг позволяет выявить степень выраженности триггерных факторов и их влияние на нарушения окклюзии [34]. Балльная шкала окклюзионных контактов дает рекомендации клиницисту по выбору дифференцированного алгоритма: ограничиться ли проведением избирательного пришлифовывания зубов, реставрацией или необходимо подключение ортодонтического лечения [35].

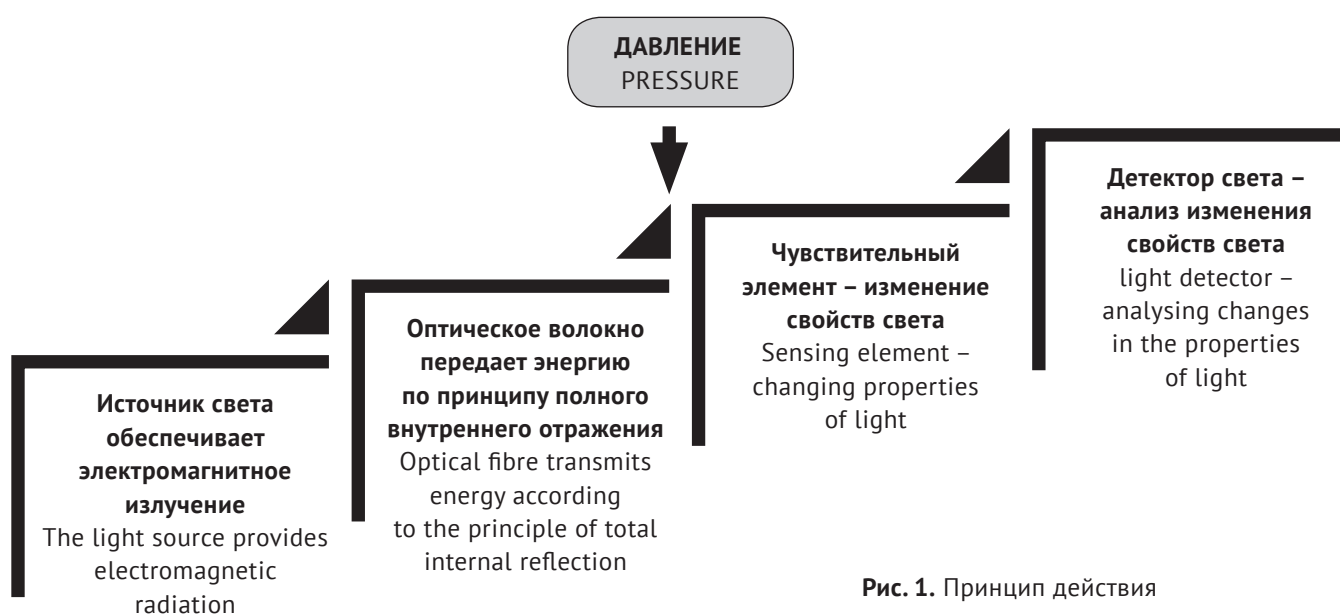


Рис. 1. Принцип действия волоконно-оптических датчиков давления
Fig. 1. Operating principles of fiber-optic pressure sensors

Перспективы использования окклюзионных сенсоров

Исследователей всегда интересовал вопрос о постоянном мониторинге окклюзионного давления, но это было невозможно из-за относительно больших размеров датчиков и отсутствия современных технологий. С развитием инновационных разработок электронные сенсоры приобретают миниатюрные размеры, что открывает перспективы для их имплантации вместе с управляющими чипами в зубные протезы, шины для стабилизации окклюзии [36]. Таким образом, можно будет осуществлять контроль параметров окклюзионной силы в режиме реального времени путем их передачи на сервер мобильного телефона. Следовательно, врачи-стоматологи получат возможность количественного исследования влияния силы сжатия зубов на степень нарушений в зубочелюстной системе, например при остеоартрите височно-нижнечелюстного сустава. Кроме того, можно будет получить ответы на вопросы о времени развития аномальной силы окклюзионного давления, регулярности нарушений и провоцирующих их факторах.

В последние годы стремительно развиваются технологии искусственного интеллекта в стоматологии, при этом прогресс в области контроля окклюзионного баланса идет по пути разработок портативных интеллектуальных устройств, не только постоянно регистрирующих силу сжатия зубов, но и выполняющих обучение нейронных сетей [37, 38]. Следовательно, разработка модели алгоритма искусственного интеллекта на основе изучения внушительного арсенала клинических результатов, мониторинга и обратной связи является перспективным направлением для диагностики и лечения окклюзионных нарушений [39, 40].

ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая все вышесказанное, нарушения окклюзионных взаимоотношений представляют достаточно большой интерес для отечественных и зарубежных ученых, что подтверждается многочисленными публикациями в научной литературе. Однако следует отметить, что новейшие разработки научного сообщества ведутся в области автоматизации процессов диагностики, интерпретации и анализа полученных данных, применения компьютерного зрения и нейросетей в новых областях науки.

Разработка новых методик и приборов, высокочувствительных датчиков для определения силы жевательного давления открывает новые диагностические возможности и предоставляет потенциал к выявлению ранее недоступных к анализу клинических параметров.

Новейшие разработки аппаратных технологий, а также программного обеспечения позволяют внедрить в практику врачей алгоритмы машинного зрения и нейросетевого анализа, которые способны оценивать информацию на основе опыта предыдущих клинических случаев, изученных программой, и прогнозировать риск развития возможных болезней или осложнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное нами исследование показывает, что в Российской Федерации и за рубежом разрабатывается большое количество цифровых методов диагностики окклюзионного дисбаланса, приоритет которых будет неоспорим в будущем. В настоящее время на скорость внедрения цифровых окклюзионных методик в повседневную стоматологическую практику влияют не только сложности оснащения клиник цифровым оборудованием, но и недостаточный уровень цифровых компетенций врачей-стоматологов. Решение этих проблем поможет достичь эффективного оказания стоматологической помощи пациентам с нарушениями окклюзионных взаимоотношений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта РНФ «Разработка методики нейросетевого анализа и прогнозирования риска развития нарушений окклюзионных взаимоотношений» (соглашение №24-25-20098) и Соглашения о предоставлении из областного бюджета (Волгоградская область) субсидий от 31.05.2024 №10.

Вклад авторов: Ярыгина Е. Н. – сбор данных, анализ, интерпретация, Поройский С. В. – окончательное утверждение рукописи для публикации; Македонова Ю. А. – разработка концепции и редактирование текста; Воробьев А. А. – общее руководство; Дьяченко Д. Ю. – сбор, анализ и обработка материала, написание текста, проверка критически важного интеллектуального содержания; Гаврикова Л. М. – сбор, анализ и обработка материала, написание текста, проверка критически важного интеллектуального содержания. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Funding. This work was supported by a Russian Science Foundation grant for the project "Development of a neural network analysis method and risk prediction for occlusal relationship disorders" (agreement №24-25-20098) and a subsidy from the regional budget of Volgograd Region (agreement dated May 31, 2024, №10).

Contribution of the authors: E. N. Yarygina – data collection, analysis, and interpretation; S. V. Poroytsky – final approval of the manuscript for publication; Yu. A. Makedonova – concept development and manuscript editing; A. A. Vorobyev – overall supervision; D. Yu. Dyachenko – data collection, analysis, processing, manuscript writing, and critical review of key intellectual content; L. M. Gavrikova – data collection, analysis, processing, manuscript writing, and critical review of key intellectual content. The authors confirm that their contributions meet the ICMJE criteria for authorship (all authors made substantial contributions to the study's concept, manuscript preparation, and have read and approved the final version before publication).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hashimoto S, Kosaka T, Nakai M, Kida M, Fushida S, Kokubo Y, et al. A lower maximum bite force is a risk factor for developing cardiovascular disease: The Suita study. *Sci. Re.* 2021;11(1):7671.
doi: 10.1038/s41598-021-87252-5
2. Liljestrand JM, Havulinna AS, Paju S, Männistö S, Salomaa V, Pussinen PJ. Missing teeth predict incident cardiovascular events, diabetes, and death. *J. Dent. Res.* 2015;94:1055–1062.
doi: 10.1177/0022034515586352
3. Kosaka T, Kida M, Kikui M, Hashimoto S, Fujii K, Yamamoto M, et al. Factors influencing the changes in masticatory performance: The Suita study. *JDR Clin Trans Res.* 2018;4:405–412.
doi: 10.1177/2380084418785863
4. Minakuchi S, Tsuga K, Ikebe K, Ueda T, Tamura F, Nagao K, et al. Oral hypofunction in the older population: Position paper of the Japanese Society of Gerodontology in 2016. *Gerodontology.* 2018;35(4):317–324.
doi: 10.1111/ger.12347
5. Ohta M, Ryu M, Ogami K, Ueda T. Oral function for diagnosing oral hypofunction in healthy young adults: A comparison with the literature. *Bull Tokyo Dent Coll.* 2023;64(3):105–111.
doi: 10.2209/tdcpublication.2022-0022
6. Македонова ЮА, Гаврикова ЛМ, Дьяченко СВ, Дьяченко ДЮ. Эффективность телемедицинских технологий при лечении больных с заболеваниями слизистой полости рта. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета.* 2021;18(4):76–81.
doi: 10.19163/1994-9480-2021-4(80)-76-81
7. Iwasaki M, Maeda I, Kokubo Y, Tanaka Y, Ueno T, Takahashi W, et al. Capacitive-type pressure-mapping sensor for measuring bite force. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(3):1273.
doi: 10.3390/ijerph19031273
8. Gu Y, Bai Y, Xie X. Bite force transducers and measurement devices. *Front Bioeng Biotechnol.* 2021;9:665081.
doi: 10.3389/fbioe.2021.665081
9. Al-Gunaid TH. Bite force – what we should know: A literature review. *Int. J. Orthod. Rehabil.* 2019;10(4):168.
doi: 10.4103/ijor.ijor_33_19
10. Alam MK, Alfawzan AA. Maximum voluntary molar bite force in subjects with malocclusion: multifactor analysis. *J. Int. Med. Res.* 2020;48(10):300060520962943.
doi: 10.1177/0300060520962943
11. Jansen van Vuuren L, Jansen van Vuuren WA, Broadbent JM, Duncan WJ, Waddell JN. Development of a bite force transducer for measuring maximum voluntary bite forces between individual opposing tooth surfaces. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2020;109(4):103846.
doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.103846
12. Kim JH, Han JH, Park CW, Min NK. Enhancement of withstand voltage in silicon strain gauges using a thin alkali-free glass. *Sensors (Basel).* 2020;20:3024.
doi: 10.3390/s20113024
13. Verma TP, Kumathalli KI, Jain V, Kumar R. Bite force recording devices – a review. *J. Clin. Diagn. Res.* 2017;11(9):ZE01–ZE05.
doi: 10.7860/JCDR/2017/27379.10450
14. Vilela M, Picinato-Pirola MNC, Giglio LD, Anselmo-Lima WT, Valera FCP, Trawitzki LVV, et al. Força de mordida em crianças com mordida cruzada posterior. *Audiol. Commun. Res.* 2017;22:1723.
doi:10.1590/2317-6431-2016-1723
15. Chen M, Luo W, Xu Z, Zhang X, Xie B, Wang G, et al. An ultrahigh resolution pressure sensor based on percolative metal nanoparticle arrays. *Nat. Commun.* 2019;10(1):4024.
doi:10.1038/s41467-019-12030-x
16. Song P, Si C, Zhang M, Zhao Y, He Y, Liu W, et al. A novel piezoresistive MEMS pressure sensors based on temporary bonding technology. *Sensors (Basel).* 2020;20(2):337.
doi: 10.3390/s20020337
17. Sattayasoonthorn P, Suthakorn J, Chamnanvej S. On the feasibility of a liquid crystal polymer pressure sensor for intracranial pressure measurement. *Biomed. Tech. (Berl.).* 2019;64:543–553.
doi: 10.1515/bmt-2018-0029
18. Wang H, Wang L, Sun N, Yao Y, Hao L, Xu L, et al. Quantitative comparison of the performance of piezoresistive, piezoelectric, acceleration, and optical pulse wave sensors. *Front. Physiol.* 2020;10:1563.
doi: 10.3389/fphys.2019.01563
19. Nandasiri GK, Shahidi AM, Dias T. Study of three interface pressure measurement systems used in the treatment of venous disease. *Sensors (Basel).* 2020;20(20):5777.
doi: 10.3390/s20205777
20. Ibraheem E., Elsisy A. Comparing maximum bite force for diabetic patients wearing two different types of removable partial dentures: a randomized cross-over study. *Int. J. Adv. Res.* 2020;8(4):198–204.
doi: 10.21474/ijar01/10767
21. Peng X, Hu L, Liu W, Fu X. Model-based analysis and regulating approach of air-coupled transducers with spurious resonance. *Sensors (Basel).* 2020;20(21): 6184.
doi: 10.3390/s20216184
22. Bing L, Mito T, Yoda N, Sato E, Shigemitsu R, Han JM, et al. Effect of peri-implant bone resorption on mechanical stress in the implant body: In vivo measured load-based finite element analysis. *J. Oral Rehabil.* 2020;47(12):1566–1573.
doi: 10.1111/joor.13097
23. González AM, García Á, Benavente-Peces C, Pardo L. Revisiting the characterization of the losses in piezoelectric materials from impedance spectroscopy at resonance. *Materials (Basel).* 2016;9(2):72.
doi: 10.3390/ma9020072
24. Liu Y, Zheng H, Zhao L, Liu S, Yao K, Li D, et al. Electronic skin from high-throughput fabrication of

intrinsically stretchable lead zirconate titanate elastomer. *Research (Wash DC.)*. 2020;2020(1):1-11.

doi: 10.34133/2020/1085417

25. Abdolmaleki H, Agarwala S. PVDF-BaTiO₃ nanocomposite inkjet inks with enhanced β -phase crystallinity for printed electronics. *Polymers (Basel)*. 2020;12:2430. doi: 10.3390/polym12102430

26. Oh HJ, Kim DK, Choi YC, Lim SJ, Jeong JB, Ko JH, et al. Fabrication of piezoelectric poly (L-lactic acid)/BaTiO₃ fibre by the melt-spinning process. *Sci. Re*. 2020;10(1):16339.

doi: 10.1038/s41598-020-73261-3.

27. Heuser F, Bourauel C, Stark H, Dörsam I. Clinical investigations of the comparability of different methods used to display occlusal contact points. *Int. J. Comput. Dent*. 2020;23(3):245-255. Режим доступа:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32789312/>

28. Mowbray SE, Amiri AM. A brief overview of medical fiber optic biosensors and techniques in the modification for enhanced sensing ability. *Diagnostics (Basel)*. 2019;9(1):23.

doi: 10.3390/diagnostics9010023

29. Umesh S, Padma S, Asokan S, Srinivas T. Fiber bragg grating based bite force measurement. *J. Biomech*. 2016;49:2877-2881.

doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.06.036

30. Галимуллина ЛР, Морозов ОГ, Салихова МА, Сарварова ЛМ, Ибрагимов ИТ. Датчики мониторинга межчелюстного давления на основе брэгговских решеток. *Научно-технический вестник Поволжья*. 2016;(3):94-96. Режим доступа:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26217804>

31. Гайворонская ТВ, Арутюнов АВ, Аюпова ФС, Волобуев ВВ, Мурашкина ТИ, Васильев ЮА, и др. Волоконно-оптические системы для диагностики стоматологической патологии (обзор литературы). Часть I. *Клиническая стоматология*. 2024;27(1):136-143.

doi: 10.37988/1811-153X_2024_1_136

32. Ряховский АН. 3D-анализ окклюзионных поверхностей зубов и их контактов. Часть III. Разработка метода оценки баланса окклюзионных контактов. *Стоматология*. 2021;100(6): 50-55.

doi: 10.17116/stomat202110006150

REFERENCES

1. Hashimoto S, Kosaka T, Nakai M, Kida M, Fushida S, Kokubo Y, et al. A lower maximum bite force is a risk factor for developing cardiovascular disease: The Suita study. *Sci. Re*. 2021;11(1):7671.

doi: 10.1038/s41598-021-87252-5

2. Liljestrand JM, Havulinna AS, Paju S, Männistö S, Salomaa V, Pussinen PJ. Missing teeth predict incident cardiovascular events, diabetes, and death. *J. Dent. Res*. 2015;94:1055-1062.

doi: 10.1177/0022034515586352

3. Kosaka T, Kida M, Kikui M, Hashimoto S, Fujii K, Yamamoto M, et al. Factors influencing the changes

33. Вокулова ЮА, Жулев ЕН, Вельмакина ИВ, Брагина ОМ, Храмушев ГН. Методика коррекции окклюзионных взаимоотношений зубных рядов с помощью цифровых технологий. *Сибирское медицинское обозрение*. 2022;(4):83-88.

doi: 10.20333/25000136-2022-4-83-88

34. Пичугина ЕН, Арушанян АР, Коннов ВВ, Разakov ДХ, Сальников ВН. Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубов и зубных рядов. *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. 2016;18(11):52-54. Режим доступа:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27663134>

35. Прыгунов КА, Аболмасов НН, Адаева ИА, Ковалева ИА, Аболмасов ИН. Цифровой метод индексной оценки окклюзионных контактов боковых зубов. *Клиническая стоматология*. 2023;26(1):132-137.

doi: 10.37988/1811-153X_2023_1_132

36. Gao J, Su Z, Liu L. Design and implement strategy of wireless bite force device. *Bioengineering (Basel)*. 2023;10(5):507.

doi: 10.3390/bioengineering10050507

37. Мураев АА, Кибардин ИА, Оборотилов НЮ, Иванов СС, Иванов СЮ, Персин ЛС. Использование нейросетевых алгоритмов для автоматизированной расстановки цефалометрических точек на телерентгенограммах головы в боковой проекции. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2018;8(4):16-22.

doi: 10.21569/2222-7415-2018-8-2-16-22

38. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: *Chances and challenges*. *J. Dent. Res*. 2020;99:769-774.

doi: 10.1177/0022034520915714

39. Казарян ГТ, Бекреев ВВ, Иванов СЮ, Оборотилов НЮ, Гусаров АМ, Хлыстова ТВ, и др. Возможности ультразвуковой диагностики и применения искусственной нейронной сети для оценки морфологии и размеров суставного диска височно-нижнечелюстного сустава. *Клиническая стоматология*. 2024;27(1):54-59.

doi: 10.37988/1811-153X_2024_1_54

40. Yalniz IZ, Jégou H, Chen K, Paluri M, Mahajan D. Billionscale semi-supervised learning for image classification. *arXiv*. 2019; 1905.00546 (preprint).

doi: 10.48550/arXiv.1905.00546

in masticatory performance: The Suita study. *JDR Clin Trans Res*. 2018;4:405-412.

doi: 10.1177/2380084418785863

41. Minakuchi S, Tsuga K, Ikebe K, Ueda T, Tamura F, Nagao K, et al. Oral hypofunction in the older population: Position paper of the Japanese Society of Gerodontology in 2016. *Gerodontology*. 2018;35(4):317-324.

doi: 10.1111/ger.12347

42. Ohta M, Ryu M, Ogami K, Ueda T. Oral function for diagnosing oral hypofunction in healthy young adults: A comparison with the literature. *Bull Tokyo Dent Coll*. 2023;64(3):105-111.

doi: 10.2209/tdcpublish.2022-0022

6. Makedonova YA, Gavrikova LM, Dyachenko SV, Dyachenko DY. Efficiency of telemedical technologies in treatment of patients with the oral mucosa diseases. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2021;18(4):76–81.
doi: 10.19163/1994-9480-2021-4(80)-76-81
7. Iwasaki M, Maeda I, Kokubo Y, Tanaka Y, Ueno T, Takahashi W, et al. Capacitive-type pressure-mapping sensor for measuring bite force. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1273.
doi:10.3390/ijerph19031273
8. Gu Y, Bai Y, Xie X. Bite force transducers and measurement devices. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021;9:665081.
doi: 10.3389/fbioe.2021.665081
9. Al-Gunaid TH. Bite force – what we should know: A literature review. *Int. J. Orthod. Rehabil*. 2019;10(4):168.
doi: 10.4103/ijor.ijor_33_19
10. Alam MK, Alfawzan AA. Maximum voluntary molar bite force in subjects with malocclusion: multifactor analysis. *J. Int. Med. Res*. 2020;48(10):300060520962943.
doi: 10.1177/0300060520962943
11. Jansen van Vuuren L, Jansen van Vuuren WA, Broadbent JM, Duncan WJ, Waddell JN. Development of a bite force transducer for measuring maximum voluntary bite forces between individual opposing tooth surfaces. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater*. 2020;109(4):103846.
doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.103846
12. Kim JH, Han JH, Park CW, Min NK. Enhancement of withstand voltage in silicon strain gauges using a thin alkali-free glass. *Sensors (Basel)*. 2020;20:3024.
doi: 10.3390/s20113024
13. Verma TP, Kumathalli KI, Jain V, Kumar R. Bite force recording devices – a review. *J. Clin. Diagn. Res*. 2017;11(9):ZE01–ZE05.
doi: 10.7860/JCDR/2017/27379.10450
14. Vilela M, Picinato-Pirola MNC, Giglio LD, Anselmo-Lima WT, Valera FCP, Trawitzki LVV, et al. Força de mordida em crianças com mordida cruzada posterior. *Audiol. Commun. Res*. 2017;22:1723.
doi: 10.1590/2317-6431-2016-1723
15. Chen M, Luo W, Xu Z, Zhang X, Xie B, Wang G, et al. An ultrahigh resolution pressure sensor based on percolative metal nanoparticle arrays. *Nat. Commun*. 2019;10(1):4024.
doi: 10.1038/s41467-019-12030-x
16. Song P, Si C, Zhang M, Zhao Y, He Y, Liu W, et al. A novel piezoresistive MEMS pressure sensors based on temporary bonding technology. *Sensors (Basel)*. 2020;20(2):337.
doi: 10.3390/s20020337
17. Sattayasoonthorn P, Suthakorn J, Chamnanvej S. On the feasibility of a liquid crystal polymer pressure sensor for intracranial pressure measurement. *Biomed. Tech. (Berl.)* 2019;64:543–553.
doi: 10.1515/bmt-2018-0029
18. Wang H, Wang L, Sun N, Yao Y, Hao L, Xu L, et al. Quantitative comparison of the performance of piezoresistive, piezoelectric, acceleration, and optical pulse wave sensors. *Front. Physiol*. 2020;10:1563.
doi: 10.3389/fphys.2019.01563
19. Nandasiri GK, Shahidi AM, Dias T. Study of three interface pressure measurement systems used in the treatment of venous disease. *Sensors (Basel)*. 2020;20(20):5777.
doi: 10.3390/s20205777
20. Ibraheem E., Elsisy A. Comparing maximum bite force for diabetic patients wearing two different types of removable partial dentures: a randomized cross-over study. *Int. J. Adv. Res*. 2020;8(4):198–204.
doi: 10.21474/ijar01/10767
21. Peng X, Hu L, Liu W, Fu X. Model-based analysis and regulating approach of air-coupled transducers with spurious resonance. *Sensors (Basel)*. 2020;20(21):6184.
doi: 10.3390/s20216184
22. Bing L, Mito T, Yoda N, Sato E, Shigemitsu R, Han JM, et al. Effect of peri-implant bone resorption on mechanical stress in the implant body: In vivo measured load-based finite element analysis. *J. Oral Rehabil*. 2020;47(12):1566–1573.
doi: 10.1111/joor.13097
23. González AM, García Á, Benavente-Peces C, Parado L. Revisiting the characterization of the losses in piezoelectric materials from impedance spectroscopy at resonance. *Materials (Basel)*. 2016;9(2):72.
doi: 10.3390/ma9020072
24. Liu Y, Zheng H, Zhao L, Liu S, Yao K, Li D, et al. Electronic skin from high-throughput fabrication of intrinsically stretchable lead zirconate titanate elastomer. *Research (Wash DC.)*. 2020;2020(1):1–11.
doi: 10.34133/2020/1085417
25. Abdolmaleki H, Agarwala S. PVDF-BaTiO₃ nanocomposite inkjet inks with enhanced β -phase crystallinity for printed electronics. *Polymers (Basel)*. 2020;12:2430.
doi: 10.3390/polym12102430
26. Oh HJ, Kim DK, Choi YC, Lim SJ, Jeong JB, Ko JH, et al. Fabrication of piezoelectric poly (L-lactic acid)/BaTiO₃ fibre by the melt-spinning process. *Sci. Re*. 2020;10(1): 16339.
doi: 10.1038/s41598-020-73261-3.
27. Heuser F, Bourauel C, Stark H, Dörsam I. Clinical investigations of the comparability of different methods used to display occlusal contact points. *Int. J. Comput. Dent*. 2020;23(3):245–255. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32789312/>
28. Mowbray SE, Amiri AM. A brief overview of medical fiber optic biosensors and techniques in the modification for enhanced sensing ability. *Diagnostics (Basel)*. 2019;9(1):23.
doi: 10.3390/diagnostics9010023
29. Umesh S, Padma S, Asokan S, Srinivas T. Fiber bragg grating based bite force measurement. *J. Biomech*. 2016;49:2877–2881.
doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.06.036
30. Gallimulina LR, Morozov OG, Salikhova MA, Sarvarova LM, Ibragimov IT. Sensors for rostral pressure

monitoring based on Bragg gratings. *NTV*. 2016;(3):94-96 (In Russ.). Available from:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26217804>

31. Gayvoronskaya TV, Arutyunov AV, Ayupova FS, Volobuev VV, Murashkina TI, Vasilev YuA, et al. Fiber-optic systems for the diagnosis of dental pathology: a review. Part I. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024;27(1):136-143 (In Russ.).

doi: 10.37988/1811-153X_2024_1_136

32. Ryahovsky AN. 3D analysis of occlusal surfaces of teeth and their contacts. Part III. Development of a method for assessing the balance of occlusal contacts. *Stomatology*. 2021;100(6):50-55 (In Russ.).

doi: 10.17116/stomat202110006150

33. Vokulova YuA, Zhulev EN, Vel'makina IV, Bragina OM, Hramushev GN. A method for correction of occlusal relationships between dental rows using digital technology. *Siberian Medical Review*. 2022;(4):83-88 (In Russ.).

doi: 10.20333/25000136-2022-4-83-88

34. Pichugina EN, Arushanyan AR, Konnov VV, et al. A method of evaluating occlusal relationships of the teeth dentition an. *The Journal of scientific articles "Health and Education Millennium"*. 2016;18(11):52-54 (In Russ.). Available from:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27663134>

35. Prygunov KA, Abolmasov NN, Adaeva IA, Kovaleva IA, Abolmasov IN. Digital method of index evaluation

of occlusal contacts of lateral teeth. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023;26(1):132-137 (In Russ.).

doi: 10.37988/1811-153X_2023_1_132

36. Gao J, Su Z, Liu L. Design and implement strategy of wireless bite force device. *Bioengineering (Basel)*. 2023;10(5):507.

doi: 10.3390/bioengineering10050507

37. Muraev AA, Kibardin IA, Oborotistov NYu, Ivanov SS, Persin LS. Use of neural network algorithms for the automated arrangement of cephalometric markers on lateral cefalograms. *REJR*. 2018;8(4):16-22 (In Russ.).

doi: 10.21569/2222-7415-2018-8-2-16-22

38. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: Chances and challenges. *J. Dent. Res.* 2020;99:769-774.

doi: 10.1177/0022034520915714

39. Kazarian GG, Bekreev VV, Ivanov SYu, Oborotistov NYu, Gusarov AM, Khlystova TV, et al. Possibilities of ultrasound diagnostics and the use of artificial neural network to assess the morphology and size of the articular disc of the temporomandibular joint. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024;27(1):54-59 (In Russ.).

doi: 10.37988/1811-153X_2024_1_54

40. Yalniz IZ, Jégou H, Chen K, Paluri M, Mahajan D. Billionscale semi-supervised learning for image classification. *arXiv*. 2019; 1905.00546 (preprint).

doi: 10.48550/arXiv.1905.00546

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ярыгина Елена Николаевна, кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: elyarygina@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8478-9648>

Поройский Сергей Викторович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: poroyskiy@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6990-6482>

Автор, ответственный за связь с редакцией:

Македонова Юлия Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация; старший научный сотрудник Волгоградского медицинского научного центра, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: mihai-m@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5546-8570>

Воробьев Александр Александрович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии, заведующий лабораторией инновационных методов реабилитации и абилитации Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: cos@volgmed.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8378-0505>

Гаврикова Людмила Михайловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: stom.gavrikova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7063-2132>

Дьяченко Денис Юрьевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: stom.infmo@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4445-6109>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena N. Yarygina, DMD, PhD, DSc, Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: elyarygina@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8478-9648>

Sergey V. Poroisky, MD, PhD, DSc, Head of Department of Healthcare Mobilization and Disaster Medicine, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: poroyskiy@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6990-6482>

Corresponding author:

Yulia A. Makedonova, DMD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Dentistry, Institute for Continuing Medical and Pharmaceutical Professional Development, Volgograd State Medical University, Senior Researcher, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: mihai-m@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5546-8570>

Alexander A. Vorobyov, MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy; Head laboratory of innovative methods of rehabilitation and habilitation, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: cos@volgmed.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8378-0505>

Lyudmila M. Gavrikova, DMD, PhD, Associate Professor, Department of the Dentistry, Institute for Continuing Medical and Pharmaceutical Professional Development, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: stom.gavrikova@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7063-2132>

Denis Yu. Dyachenko, Assistant Professor, Department of the Dentistry, Institute for Continuing Medical and Pharmaceutical Professional Development, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: stom.infmo@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4445-6109>

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов / *Conflict of interests:*

The authors declare no conflict of interests

Поступила / Article received 30.06.2024

Поступила после рецензирования / Revised 06.08.2024

Принята к публикации / Accepted 07.08.2024