



Обзор литературы
УДК 614.2;616.31
<http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2023-1-19>

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРЫЕ ИЗМЕНЯТ БУДУЩЕЕ СТОМАТОЛОГИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Владимир Гаврилович Дьяченко¹, Николай Владимирович Садко^{2✉}

^{1,2}Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Россия

^{2✉}snv_sadko@mail.ru

Аннотация. Подвергнута анализу информация, посвященная области применения инновационных технологий в стоматологии, а также вопросам подготовки кадров. В различных производственных системах стоматологии Дальнего Востока России достаточно широко применяются устройства и технологические инновации (конусно-лучевая компьютерная томография, интраоральное сканирование, CAD/CAM системы, 3D-принтеры, новое поколение виниров, экспресс-имплантация, телемедицинские технологии и др., исходя из достижений современной науки и практики с учетом ожиданий регионального рынка труда. Основные заказчики и потребители стоматологических кадров должны формировать горизонт требований к уровню профессиональной подготовки будущих выпускников стоматологических факультетов вузов региона.

Ключевые слова: стоматология, услуги, инновации, технологии, будущее

Для цитирования: Дьяченко В.Г. Инновационные технологии, которые изменят будущее стоматологии Дальнего Востока России / В.Г. Дьяченко, Н.В. Садко // Дальневосточный медицинский журнал. – 2023. – № 1. – С. 114-126. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2023-1-19>.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES THAT WILL CHANGE THE FUTURE OF DENTISTRY IN THE RUSSIAN FAR EAST

Vladimir G. Dyachenko¹, Nikolai V. Sadko^{2✉}

^{1,2}Far Eastern State Medical University, Khabarovsk

^{2✉}snv_sadko@mail.ru

Abstract. Innovative technologies that will change the future of dentistry in the Russian Far East. The information devoted to the field of application of innovative technologies in dentistry, as well as training issues, is analyzed. Devices and technological innovations (cone-beam computed tomography, intraoral scanning, CAD/CAM systems, 3D printers, a new generation of veneers, express implantation, telemedicine technologies, etc.) are widely used in various production systems of dentistry in the Russian Far East based on the achievements of modern science and practice, considering the expectations of the regional labor market. The main customers and consumers of dental personnel should form a horizon of requirements for the level of professional training of future graduates of dental faculties of universities in the region.

Keywords: dentistry, services, innovations, technologies, the future

For citation: Dyachenko V.G. Innovative technologies that will change the future of dentistry in the Russian Far East / V.G. Dyachenko, N.V. Sadko // Far Eastern medical journal. – 2023. – № 1. – P. 114-126. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2023-1-19>.

Осознание проблемы разрыва между потребностями населения в получении доступной и качественной стоматологической помощи и декларациями управляющих структур Дальневосточного федерального округа (ДФО) относительно исполнения программы государственных гарантий оказания бесплатной медицинской помощи становится все более очевидной. Стремительная модернизация производства стоматологических товаров и услуг во всем мире

опережает другие разделы медицины. Появились термины «стоматологическая информатика» и «компьютерная стоматология». Настоящий прорыв в стоматологии инициировали цифровые технологии, которые широко используются на всех этапах лечения.

Большой интерес у практикующих врачей вызывают аддитивные технологии, которые начали развиваться в конце XX века как методы производства деталей, основанные не на их механической



обработке, а на послойном изготовлении изделий в виде трехмерной модели и непосредственного получения готовых функциональных образцов, которые не требуют механической постобработки, включающие способы послойного наращивания и синтеза объектов [59]. Аддитивные технологии используются в различных разделах от изготовления различных конструкций зубочелюстной системы (ЗЧС) до хирургических лицевых имплантатов, позволяя создавать конструкции необходимой геометрической формы, как в области имплантологии, так и по всему спектру реставрационных моделей, воспроизводя оптимальную текстуру тканей челюстей улучшая процесс остеоинтеграции изготавливаемых конструкций [4, 7].

Значительную роль в повышении качества стоматологических услуг играют информационные технологии. Они помогают достигать поставленных целей, оптимизируя производство, сокращая время выпол-

нение различных работ, способствуя повышению конкурентоспособности стоматологической клиники. Сегодня формируются предпосылки к тому, что в обозримом будущем искусственный интеллект (artificial intelligence, AI) [21], поможет выявлять раннее проявления патологических синдромов, роботы – оперировать челюстно-лицевым хирургам, а вживленные чипы смогут передавать информацию о состоянии ЗЧС напрямую лечащему врачу и т.п. [12]. Основные направления развития инноваций в стоматологии ДФО фокусируются на реализации искусственного интеллекта, прозрачно-иммерсивных моделей и цифровых платформ, однако лидером инноваций признается искусственный интеллект [8].

Цель публикации – представить информацию о перспективах применения цифровых технологий в стоматологии ДФО на фоне мировых достижений мировой медицинской науки и практики.

Материалы и методы

Подвергнута анализу информация, посвященная области применения инновационных технологий в стоматологии, а также возможность использования

применения симуляционных комплексов для подготовки будущих врачей-стоматологов.

Результаты и обсуждение

Стоматология ДФО является практико-ориентированным направлением региональной медицины, поэтому широкое внедрение цифровых технологий реализуется, как в государственном, так и в частном секторе производства стоматологических услуг, а виртуальное планирование лечения становится всё более важным элементом производственных процессов в региональной стоматологии. Достижения в области компьютерного проектирования и автоматизированного производства зубных реставраций открывают новые возможности применения 3D-технологий в восстановительной стоматологии, ортодонтии и эндодонтии [43], что тесно связано с мировыми достижениями стоматологической науки и практики [20, 32, 40]. Виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR) и смешанная реальность (MR) – это технологии, которые позволяют заменить реальную жизнь на восприятие виртуальной жизни, искусственным образом стимулируя наши чувства и обманывая наше тело в принятии другой версии реальности.

Положительный эффект от использования этих технологий при обучении стоматологов заключается в повышении мотивации студентов и приобретении необходимых моторных функций при проведении профессиональных процедур [15, 36, 55, 58]. В реальной педагогической практике на стоматологических факультетах университетов ДФО внедрение симуляционных комплексов на основе дополненной и виртуальной реальности, а также физических имитаторов пациента, в процесс подготовки будущих врачей-стоматологов, реализуются до настоящего времени недостаточно. А между тем современного пациента все больше заботит собственная безопасность во время стоматологического приема, когда в реализации тех-

нологий участвуют будущие стоматологи, хотя и под руководством опытного преподавателя. Первичная практическая подготовка будущего стоматолога на симуляционных комплексах и физических имитаторах делает переход студента к реальной клинической практике плавным и менее сложным, что снизит риск неудачи реализации технологий на конкретных рабочих местах [23, 69, 62]. В то же время следует согласиться с мнением ряда специалистов с тем, что виртуальный симулятор или физический имитатор не может заменить традиционную подготовку под руководством опытного преподавателя. Последние должны использоваться только в качестве дополнения к обучению в клинике [12, 18].

Результаты изучения региональных стоматологических рынков ДФО показывают, что, в силу обстоятельств, основными поставщиками инноваций на него являются иностранные фирмы-производители медицинских материалов, инструментов, приборов и оборудования Азиатско-Тихоокеанского региона (США, КНР, Япония, Республика Корея и др.). Поэтому задача управляющих структур любой стоматологической клиники состоит в своевременном анализе и правильной оценке инновационных технологий, их закупки и внедрении. В частности, конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), позволяет провести послойное исследование твердых тканей ЗЧС пациента с минимальной лучевой нагрузкой и максимальной точностью и, определить качество проведенных пломбирования и зубного протезирования, спланировать дентальную имплантацию и ряд иных хирургических манипуляций [14].

По разным оценкам, доля отечественного стоматологического рынка в настоящее время составляет



50-60% от общего объема платных медицинских услуг, он является самым коммерчески ориентированным сегментом отрасли здравоохранения России [2]. Интернет стал активным посредником между производителем и получателем стоматологических услуг. По данным социологических исследований, около 5% пациентов позитивно относятся к размещению в сети Интернет материалов по профилактике стоматологической патологии и информации о достижениях стоматологии. На вопрос «Есть ли потребность в телемедицинских консультациях по стоматологии и челюстно-лицевой хирургии?» положительно ответили более 80% респондентов. При этом коммерческая составляющая стоматологической практики остается до сих пор малоизученной: исследований в части понимания роли и места исследуемого сегмента в экономике России и здравоохранения крайне недостаточно [38].

В различных производственных системах стоматологии Дальнего Востока России уже достаточно широко применяются устройства и технологические инновации такие, как конусно-лучевая компьютерная томография, интраоральное сканирование, CAD/CAM системы, 3D-принтеры, новое поколение виниров, отбеливание зубов светодиодной подсветкой, экспресс-имплантация, телемедицинские технологии и др.

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Первые КЛКТ сканеры использовали в качестве детекторов изображения электронно-оптические преобразователи (image intensifiers) и ПЗС-матрицы. Со временем они начали сменяться плоско-панельными детекторами (flat panel detectors). Наиболее распространена конфигурация плоско-панельного детектора, состоящая из сцинтиллятора йодида цезия с массивом тонкопленочных транзисторов из аморфного кремния [38]. В челюстно-лицевой хирургии ценную диагностическую информацию КЛКТ дает при различных реконструктивных операциях на костях лицевого черепа, при травмах, опухолях, аномалиях и деформациях челюстно-лицевой области. Использование КЛКТ в диагностике или лечении эндодонтической патологии растет, что отражается в экспоненциальном росте публикаций на эту тему за последние два десятилетия [33, 37, 57].

Интраоральное сканирование. На мировых рынках широко представлено несколько компаний, которые занимаются производством интраоральных сканеров (CEREC немецкой компании Sirona, Carestream – США. Medit – Республика Корея и др.). Функция AI сканирования автоматически идентифицирует и отфильтровывает лишние фрагменты мягких тканей, благодаря оптимизированным алгоритмам и механизму захвата, система создает точные слепки. Для некоторых пациентов интраоральное сканирование является единственно возможным способом сделать цифровой оттиск зубов высокой точности. Современные внутриротовые сканеры выдают точность

модели с погрешностью до 12 микрон, что важно при производстве коронок и элайнеров. Ключевым преимуществом интраорального сканирования перед традиционными слепками является онлайн-контроль над качеством сканирования, который может осуществлять лечащий врач. С учетом того, что вышеуказанная технология достаточно дорогая, широко используется организация выездного сканирования непосредственно на рабочем месте врача-стоматолога в частном стоматологическом кабинете, который не имеет возможности приобрести или взять в аренду внутриротовой сканер [44, 45, 56]. Такой подход позволяет достаточно быстро и безболезненно сформировать качественный «скан», что значительно облегчит производство реставраций.

Компьютерное моделирование и фрезерование. Среди современных способов изготовления зубных протезов прочное место заняли CAD/CAM технологии (Computer Assisted Design/Computer Aided Manufacturing), что в переводе на русский звучит как «компьютерный дизайн (моделирование)/производство (изготовление) под управлением компьютера. Эти технологии заимствованы из промышленности, где они многие годы успешно применяются. Различные детали проектируются с помощью ЭВМ и затем изготавливаются в автоматическом режиме. Однако основное отличие стоматологических CAD/CAM систем состоит в том, что эти системы изготавливают детали лишь в единственном экземпляре. Использование CAD/CAM систем в стоматологии ДФО постоянно растет, поскольку оно обеспечивает достаточную прочность реставраций, поддерживает естественный внешний вид и повышает точность и скорость создания реставраций. С их помощью автоматизируется процесс создания зубных протезов: заготовка моделируется в электронной программе и фрезеруется на станке с числовым программным управлением. Технология применима к цирконию, титану, кобальту, хрому, стеклокерамике и позволяет добиться исключительной точности в изготовлении ортопедических и иных конструкций методом вычитания, когда из целого блока материала удаляется все лишнее (например, фрезерованием) и методом добавления, когда объект выстраивается слой за слоем (быстрое прототипирование) [1, 52, 61].

Достижения мировой стоматологической науки, появление новейших технологий позволяют на новом уровне подойти к проблеме реабилитации пациентов с частичным отсутствием зубов при помощи съемных и несъемных протезов, опирающихся на дентальные имплантаты, изготовленные с помощью системы CAD/CAM. Мы прогнозируем, что сегмент стоматологических CAD/CAM технологий сохранит свое доминирующее положение благодаря расширению его применения в провинциальных регионах России [3, 5, 6].

Компьютерное моделирование и 3D-печать. Первые попытки применения 3D-печати в стоматологии



предприняли специалисты компании Align Technology в 1990-х годах. При помощи 3D-принтера изготавливали капы для зубов, что послужило стартом для внедрения этой технологии в стоматологическую практику. Первый имплантат был напечатан фирмой Layer Wise в 2012 году. В этом же году впервые удалось вживить пациенту титановую нижнюю челюсть, которая была сделана с помощью 3D-принтера. С тех пор технология компьютерного моделирования и 3D-печати прогрессировала и значительно улучшила показатели качества многих стоматологических клиник.

В стоматологии ДФО применение технологии компьютерного моделирования и 3D-печати сконцентрировалось на следующих основных направлениях: ортодонтия, хирургия, протезирование. Из множества существующих технологий 3D-печати, в региональной стоматологии доминируют две основных – стереолитография и цифровая светодиодная проекция. Различными в этих способах печати являются источники света: ультрафиолетовый лазер для стереолитографии и цифровой светодиодный проектор для цифровой светодиодной проекции. Наиболее эффективной методикой на сегодняшний день эксперты признают цифровую светодиодную проекцию – DLP-печать (**Digital Light Processing**): она высокоточная, скоростная и достаточно надежная [28, 39]. В настоящее время продолжается совершенствование трехмерной визуализации и моделирования в рамках реализации технологий систем автоматизированного проектирования и 3D-печати в стоматологии [46, 64, 66].

Телемедицинские технологии находят все большее распространение в системе производства стоматологических услуг ДФО. Рост обращаемости пациентов к врачам-стоматологам, значительная доля запущенных форм патологии ЗЧС повышают актуальность комплексного внедрения информационно-телекоммуникационных технологий [12].

В специфических условиях Дальнего Востока России следует учитывать, что значительная часть населения региона по различным причинам (географическим, дорожно-транспортным, бытовым, медицинским) не может своевременно получить очную консультацию по поводу заболеваний полости рта, и телестоматология для них может быть единственным средством, обеспечивающим адекватную доступность специализированной помощи, по крайней мере – на уровне консультаций и советов по уходу за полостью рта. Эксперты описывают реальные дистанционные консультации между врачами-стоматологами, челюстно-лицевыми хирургами, дистанционную диагностику заболеваний полости рта, комплексное использование 3D-печати при протезировании зубов и т.п. [35, 50].

При наличии сотовой связи в самых отдаленных уголках ДФО, обычной фотографии, сделанной стоматологом общей практики или даже зубным врачом на смартфон и отправленной консультанту, иногда

может быть достаточно для постановки привального диагноза. Кроме того, существует реальная возможность проведения рентгенографии и фотографирования лица и полости рта сельским пациентам с последующей загрузкой цифровой модели изображения на веб-сервер и её передача челюстно-лицевому хирургу для профессиональной оценки в краевую (областную) стоматологическую поликлинику. Следует отметить, что такой вариант телеконсультаций во многих случаях позволяет удаленно ставить правильный диагноз и своевременно начать лечение [29, 31]. Передача консультанту цифровой рентгенограммы ЗЧС и клинических данных позволяет ему давать рекомендации, а при необходимости дополнять видеоконференциями (Zoom, WebEx) в режиме реального времени [27].

Так внедрение сервиса «Телемедицина от Сбербанка», разработанного российской компанией Docdoc, позволяет пациентам получить квалифицированную помощь врача-стоматолога в любое время. Доступны несколько форм связи: видеосвязь, звонок по телефону или общение в чате. В ходе общения пациент при необходимости может загружать документы или изображения в специальный онлайн чат [10]. Кроме того, среди многочисленных примеров реализации возможностей цифровой стоматологии достойное место занимает компьютерная программа Dental 4 Windows (D4W). В рамках реализации программы возможно подключение видеокамер и радиовизиографа, введение и сохранение полученных изображений. Использование D4W, когда локальная компьютерная сеть с сервером позволяет объединить все структуры стоматологической поликлиники ускоряет процесс постановки диагноза, автоматизирует процесс формирования перечня лечебных мероприятий, предусмотренных соответствующими стандартами [5, 9].

Нанотехнологии. Наночастицы дают возможность создавать более качественные стоматологические материалы с новыми свойствами, в частности они позволяют расширить возможности эстетической реставрации зубов. Обладая абсолютно новыми свойствами, нанокомпозитные материалы предоставляют врачам-стоматологам повысить качество услуг. В этой связи следует отметить, что нанокомпозиты имеют малый размер частиц, универсальны в применении в отличие от макронаполненных, микронаполненных и гибридных композитов [22]. Нанотехнологии уже сейчас применяются в диагностике, мониторинге и лечении патологии ЗЧС [65].

Исследования по улучшению существующих наноматериалов продолжаются по направлению в сторону более эффективных и экономичных устройств нано биосенсора для высокоточной диагностики рака полости рта, совершенствования систем пероральной доставки лекарств с целью предотвращения образования биопленок и снижения частоты кариеса и патологии тканей, окружающих зубы. Внедрение нанотехнологий в региональную стоматологию предполагает



существенное увеличение эффективности профилактики и лечения основных стоматологических заболеваний, и как результат – повышение качества жизни дальневосточников.

Технологии изготовления виниров и люминиров. В современной стоматологии идёт постоянный поиск методик и материалов, позволяющих создавать естественные и надёжные реставрации. Виниры – это искусственные пластинки из керамики и композитов, замещающие вестибулярную поверхность зуба при различных дефектах зубной эмали. Процедуры по изготовлению виниров не затрагивают прилежащие ткани пародонта. Показатель толщины композитных виниров может составлять от 0,3 мм. Люминеры – это тонкие фарфоровые накладки на вестибулярную поверхность зуба. Толщина люминера – 0,2-0,3 мм, именно на такую толщину увеличиваются в объёме зубы, что позволяет избежать препарирования зубов. По мнению экспертов, несмотря на свою небольшую толщину, прочность люминиров не уступает прочности натуральных зубов.

Благодаря тому, что эти конструкции для зубов изготавливаются из качественного и прочного материала, сроки их службы достаточно велики, хотя технологии изготовления доступны, как специалистам крупных стоматологических поликлиник, так и персоналу небольших частных стоматологических кабинетов. Реализация этих технологий требует от стоматолога знания широкого ассортимента материалов и особенностей применения их на практике [19].

Имплантология – технология, нацеленная на замещение потерянных зубов искусственными элементами. Самой распространенной технологией имплантации, которой единогласно отдают предпочтение большинство специалистов всего мира, – это установка винтовых имплантатов. Зубной имплантат (имплант) – это искусственный корень зуба, выполненный из титанового сплава, имеющий особую форму и нередко – покрытие, которое позволяет импланту быстрее прижиться после установки. По мнению экспертов лидирующие позиции на стоматологическом рынке в сфере имплантации зубов занимают Швеция, Швейцария, США, Германия, Израиль и Южная Корея [53, 54]. В России есть собственное производство имплантов системы ИРИС (инновационная российская имплантационная система).

Экспресс-имплантация является одним из самых востребованных современных методов имплантации зубов является установка имплантатов без разреза десны. Вместо разреза в данном случае чаще всего используется так называемый прокол: для того, чтобы подобраться к костной ткани челюсти, врач не делает нескольких надрезов мягких тканей десны, не откидывает лоскут и не накладывает швов по завершении. Это стало возможным благодаря новейшим разработкам в современной стоматологии, например, специальным сверлам, способным с минимальным травматизмом внедряться в мягкие ткани, а также изо-

бретению лазера. Наименее бескровный и малотравматичный тип имплантации – это лазерная имплантация, которая имеет целый ряд преимуществ. Время операции сокращается в несколько раз, а установка одного имплантата этим методом занимает всего 10–15 минут [30].

Имплантация по хирургическому шаблону. Вершиной современной имплантации зубов можно считать так называемый хирургический шаблон для имплантации. Под этим термином подразумевается точнейшее и высокотехнологичное планирование операции, исключающее даже минимальный риск врачебной ошибки или возникновения трудностей при проведении имплантации. Особенно востребована данная методика в тех случаях, когда требуется установка нескольких имплантатов или восстановление целого зубного ряда. В специальной лаборатории по ортопантограмме пациента изготавливается компьютерная 3D-модель челюсти, на которой имплантолог просчитывает все варианты, оценивает близость соседних корней, нервов, каналов и т.д. и составляет план установки имплантатов с учетом углов наклона и всех сопутствующих факторов – врач проводит полноценную операцию, но только на виртуальной модели. Далее по этой модели, которая и есть хирургический шаблон, зубной техник изготавливает гипсовые слепки, а по ним – временные коронки, которые будут установлены пациенту на имплантаты в день проведения операции [25, 26].

В ДФО для восстановления зубного ряда с помощью имплантов существует две ключевые технологии – классическая имплантация каждого зуба и протезирование зубов на 4 имплантах. Процедура экспресс-имплантации осуществляется достаточно быстро, если зуб потерян недавно, а костная основа челюсти еще не атрофировалась и ее не придется наращивать. Альтернативной технологией является восстановление зубного ряда на четырех имплантах.

Регенеративные технологии в стоматологии. Состояние ЗЧС у населения ДФО представляет собой серьезную проблему, предлагая возможности как для изучения, так и, что более важно, – для поиска новых способов избавления от патологических синдромов связанных с поражением зубов кариесом, пародонтизом, распространением зубочелюстных аномалий и др. Одним из них стала *тканевая инженерия* – междисциплинарная отрасль, целью которой является создание биологических заместителей, восстанавливающих и поддерживающих функции ткани или органа [48, 67].

Ещё в середине XX века идея искусственно заставить клетки упроститься, потерять свою специфику и спровоцировать процесс регенерации положила новому направлению в медицинской науке [17], а предположение о том, что из недифференцированных (стволовых) клеток можно вырастить тканевую или иную структуру, например, зуб [63] нашло свое отражение в последующих исследованиях и экспе-



риментах, когда стали формироваться основы биоинженерных технологий, конечной целью которых являлось создание (регенерация) полноценных зубов [60]. Сегодня, регенеративная стоматология является развивающейся областью биотехнологий, сочетающая различные аспекты медицины, в том числе клеточную и молекулярную биологию, материаловедение и биологическую инженерию для регенерации или замены тканей.

Сложность проблемы заключалась в том, что зуб является уникальным и сложным органом, состоящим, как из твердых (дентин и эмаль), так и из мягких (пульпа и периодонт) тканей [13]. На протяжении всей жизни здоровые зубы имеют ряд различных типов стволовых клеток, которые играют ключевую роль в регенеративной способности этой ткани [24]. По мнению отдельных специалистов, регенерация пульпы *de novo*, посредством стволовых клеток, способных дифференцироваться в одонтобластоподобные клетки, теоретически вполне возможна [34]. Таким образом, благодаря своим способностям к безграничному развитию и плюрипотентности, эмбриональные стволовые клетки являются потенциальным материалом для регенеративной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, хотя отдельные страны ввели мораторий, как на исследование стволовых клеток, так и на получение их новых линий [47]. Сегодня не вызывает сомнения тот факт, что в обозримом будущем биоинженеринг зубов станет неотъемлемой частью стандартных протоколов лечения поражений ЗЧС.

Технология редактирования генома (CRISPR) позволяет заглянуть в будущее стоматологии. Технология CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) впервые была представлена широкой общественности еще в 2007 году Филиппом Хорватом и Родольфом Баррангу. Это вариант адаптивного иммунитета, и он существует примерно у 50% бактерий. Их ДНК выделяют CRISPR-кассету, состоящую из повторяющихся и уникальных фрагментов, и генов *Cas*. В свою очередь, CRISPR-*Cas* запоминают чужеродные элементы, «фотографируют» их, периодически просматривают и анализируют, а также обновляют. Если снабдить бактерию CRISPR и запустить в неё вирус, в работу включатся *Cas*-белки – они буквально вырезают из бактерии нужные фрагменты. После этого белки встраивают фрагменты в «кассету», чтобы, собственно, запомнить чужака. Удивительно, но информация об этом передается всем новым клеткам организма. Так и создаётся опосредованный иммунитет [41, 42].

Эксперты считают, что в обозримом будущем стоматологи смогут идентифицировать гены, связанные с многими вариантами патологии ЗЧС, что позволит найти CRISPR-решение, которое нужным образом отредактирует структуру дефектного гена и еще в раннем детстве избавит человека от проблем с зубами [51]. Многие исследователи считают, что технология

CRISPR позволит исключить возможность развития пародонтита, кариеса и даже уменьшить количество бактерий, которые способствуют появлению зубного налёта. Если это произойдёт, распространенность патологии ЗЧС уменьшится в разы [49]. Правда, даже при массовом внедрении эта технология наверняка будет дорогостоящей и недоступной для большинства пациентов. В последние годы внедрение технологии CRISPR указывает на потенциальные возможности её реализации при лечении злокачественных образований ЗЧС [68].

Реализация инновационных технологий в стоматологии ДФО находится в условиях стагнации, связанной в первую очередь с тем, что промышленное производство биосовместимых материалов и изделий из них в современной России находится в зачаточном состоянии. Уровень импортных импортные поставок современного стоматологического оборудования, инструментов, пломбировочных материалов, эндопротезов, лекарственных средств и многого другого составляет более 90% отечественного рынка. Тем не менее, только в сфере отечественного эндопротезирования ежегодно проводится более 100 тыс. операций, при этом потребность таких операций составляет более 400 тыс. в год. Эти операции проводятся, как правило, с применением импортных эндопротезов, заметно отличающихся по качеству по сравнению с отечественными аналогами [11, 16].

Пандемия коронавируса COVID-19, мировой экономической кризис и санкционная политика Западных стран значительно затормозили процессы реализации технологий цифровизации отечественной стоматологии. Стартапы, реализующие внедрение продуктов искусственного интеллекта в отрасль, хотя и привлекли значительные финансовые ресурсы, однако только менее половина проектов искусственного интеллекта переходит из пилотной стадии в производственную. Такие технологии как компьютерное зрение, реализация искусственного интеллекта, прозрачно-иммерсивных моделей и цифровых платформ, использование симуляционных комплексов радикально меняют, как само производство стоматологических услуг, так и подготовку специалистов для отрасли. Причем спектр производимых услуг в региональной стоматологии постоянно трансформируется за счет широкого внедрения высоких технологий и появлением клиник нового типа.

Развитие стоматологии Дальнего Востока России в посткризисный период следует планировать в направлении внедрения обширного спектра инновационных технологий профилактической направленности и реставрационных технологий, что требует наличие компетентного и мотивированного кадрового потенциала отрасли. Высшая школа региона должна внедрять в систему подготовки врачей-стоматологов современные и эффективные информационные технологии исходя из достижений современной науки практики с учетом ожиданий рынка труда ДФО, учи-



тывая запросы и потребности студентов профильных факультетов в получении профессиональных компетенций по направлениям реализации искусственного интеллекта, цифровых платформ, регенеративных и нанотехнологий в будущей практической деятель-

ности. Основные заказчики и потребители стоматологических кадров должны формировать горизонт требований к уровню профессиональной подготовки будущих выпускников стоматологических факультетов вузов региона.

Список источников

1. Абакаров С.И. с соавт. CAD/CAM-системы в стоматологии: учебное пособие / С.И. Абакаров, А.С. Баландина, Д.В. Сорокин, К.С. Аджиев, С.С. Абакарова, Д.С. Арутюнов; ФГБОУ ДПО РМАНПО, 2016. – 96 с. ISBN 978-5-7249-2616-4.
2. Бойков М.И. Медико-экономическое обоснование совершенствования региональной модели реализации программы обязательного медицинского страхования в стоматологии. Дисс. д.м.н. Москва. Федеральное государственное бюджетное учреждение «ЦНИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава РФ. – 2017. – 288 с.
3. Галёса С.А., Дьяченко В.Г., Галёса М.С. Использование имитационного моделирования при планировании производства ортопедических услуг в региональной стоматологии // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – № 8. – С. 88-91.
4. Григорьев С.Н. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С.Н. Григорьев, И.Ю. Смуров // Инновации. – 2013. – Т. 10, № 180. – С. 76-72.
5. Дьяченко В.Г., Галёса С.А., Галёса С.С. Предпосылки формирования современной модели организации производства стоматологических услуг на Дальнем Востоке России // Вестник общественного здоровья и здравоохранения Дальнего Востока России [электронный научный журнал]. – 2019. – № 4 (38).
6. Ефимин А.В., Барковец К.Н. Достижения и перспективы изготовления зубных протезов на имплантах cad/cam для пациентов с частичной адентией (обзор литературы) // Актуальные проблемы медицины. – 2020. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostizheniya-i-perspektivy-izgotovleniya-zubnyh-protezo-v-na-implantah-cad-cam-dlya-patsientov-s-chastichnoy-adentiei-obzor> (дата обращения: 02.06.2022).
7. Илющенко А.Ф., Талако Т.Л., Лецко А.И. Аддитивное производство металлических изделий медицинской техники / А.Ф. Илющенко, Т.Л. Талако, А.И. Лецко // Перспективы развития аддитивных технологий в Республике Беларусь: сб. докл. Междунар. науч.-практ. симп. (Минск, 30 мая 2018 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, ГНПО порошковой металлургии; редкол.: А.Ф. Илющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2018. – 117 с.: ил. – С. 9-18.
8. Казумян С.В., Дегтев И.А., Борисов В.В., Ершов К.А. Виртуальные технологии в стоматологии // Вестник Авиценны. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnye-tehnologii-v-stomatologii> (дата обращения: 22.06.2022).
9. Жежеватова С. Система управления ЛПУ. Руководство пользователя. Dental 4 Windows / Clinic 4 Windows/ URL: <https://pandia.ru/text/78/169/22655.php>. (дата обращения 27.06.2022)
10. Китлерова Т. СберЗдоровье – телемедицина от Сбербанка. 30/10/2020. URL: <https://sbankami.ru/servisy/telemedicina-ot-sberbanka-medskana-i-dosdoc-ru-sovmestnyj-proekt-budushhego.html> (дата обращения: 22.06.2022).
11. Кривенко А.Н., Гришин Д.В., Буткова Т.В. и др. Перспективы развития секторов рынка отечественной биомедицинской продукции // Государственное управление. Электронный вестник. – 2020. – № 79. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-sektorov-rynka-otechestvennoy-biomeditsinskoy-produktsii> (дата обращения: 25.05.2022).
12. Леванов В.М., Голуб Е.А., Агашина А.И., Гаврилова Е.П. Состояние и перспективы применения информационных и телекоммуникационных технологий в стоматологии. Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2021. – № 7 (1). – Р. 39-48. URL: <https://doi.org/10.29188/2542-2413-2021-7-1-39-48>.
13. Малышев И.Ю., Янушевич О.О. Естественный одонтогенез: клеточные и молекулярные основы // Российская стоматология. – 2016. – № 9 (4). – Р. 23-35.
14. Наумович С.С., Наумович С.А. Конусно-лучевая компьютерная томография: современные возможности и перспективы применения в стоматологии // Современная стоматология. – 2012. – № 2 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konusno-luchevaya-kompyuternaya-tomografiya-sovremennye-vozmozhnosti-i-perspektivy-primeneniya-v-stomatologii> (дата обращения: 03.06.2022).



15. Николаев В.А., Николаев А.А. Опыт и перспективы использования технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности в условиях цифровой трансформации системы здравоохранения // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2020. – № 2 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-tehnologiy-virtualnoy-dopolnennoy-i-smeshannoy-realnosti-v-usloviyah-tsifrovoy-transformatsii> (дата обращения: 18.06.2022).
16. Обзор рынка биотехнологий в России и оценка перспектив его развития. [Электронный ресурс]. / Frost & Sullivan. – 2014. URL: https://www.rvc.ru/upload/iblock/e21/20141020_Russia_Biotechnology_Market_fi_n.pdf (дата обращения 14.06.2017).
17. Полежаев Л.В. Утрата и восстановление регенерационной способности органов и тканей у животных. – Наука, 1968. URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/23797>.
18. Уханов М.М., Иващенко А.В., Федяев И.М. и др. Применение роботов в стоматологии. Часть 1. Робот-ассистированные системы для обучения студентов-стоматологов и специалистов // Российский стоматологический журнал. – 2018. – № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-robotov-v-stomatologii-chast-1-robot-assistirovannyye-sistemy-dlya-obucheniya-studentov-stomatologov-i-spetsialistov> (дата обращения: 22.06.2022).
19. Эндер А., Вернер Х. Компьютерное конструирование и изготовление (CAD/CAM) цельнокерамических вкладок, коронок и виниров. – Цюрих, 2005. – С. 49-58.
20. Beheiry M.E., Doutreligne S., Caporal C., Ostertag C., Dahan M., Masson J.-B. Virtual reality: beyond visualization // Journal of Molecular Biology. – 2019. – № 431 (7). – P. 1315-1321. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.01.033>.
21. Benke K., Benke G. Artificial intelligence and big data in public health. International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2018. – № 15 (12). – P. 2796. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph15122796>.
22. Booker R. Boysen E. Nanotechnology for dummies. Wiley, 2006. URL: <https://fulviofrisoni.com/attachments/article/455/Nanotechnology%20For%20Dummies.pdf>.
23. Buchanan J.A. Use of simulation technology in dental education // J. Dent. Educ. – 2001. – № 65 (11). – P. 1225-1231.
24. Chalissery E.P., Seung Yu.N., Sang H.P., Sukumaran A. Therapeutic potential of dental stem cells // Journal of Tissue Engineering. – 2017. – № 8, 204173141770253.
25. Chen Y., Kyung H.M., Zhao W.T., Yu W.J. Critical factors for the success of orthodontic mini-implants: a systematic review // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2009. – № 135 (3). – P. 284-291.
26. Cionca N., Hashim D., Mombelli A. Zirconia dental implants: where are we now, and where are we heading? – Periodontology. – 2000. – № 73 (1). – P. 241-258.
27. Cook J., Edwards J., Mullings C., Stephens C. Dentists' Opinions of an Online Orthodontic Advice Service // J Telemed Telecare. – 2001 (7). – P. 334-337.
28. Cousley R.R. Introducing 3D printing in your orthodontic practice // J Orthod. – 2020. – № 47. – P. 265-272.
29. Dubovina D., et al. Teleconsultation in Dentistry Using the XPA3 Online System: Case Report. Scientific Journal of the Faculty of Medicine in Niš. – 2012. – № 29 (2). – P. 93-101.
30. Elani H.W., Starr J.R., Da Silva J.D., Gallucci G.O. Trends in Dental Implant Use in the U.S., 1999-2016, and Projections to 2026. Journal of Dental Research. – № 97 (13). – P. 1424-1430. doi:10.1177/0022034518792567. PMC6854267. PMID30075090.
31. Engle X., Aird J., Tho L., Bintlief F., Monsell F., Gollogly J., et al. Combining continuing education with expert consultation via telemedicine in Cambodia. Tropical doctor. – 2014. Apr; № 44 (2). – № 62-68. PubMed PMID: 24322763.
32. Golovchenko C.G., Denisenko L.N., Fedotova Yu.M. Sovershenstvovanie obra-zovatel'nykh tekhnologiy professional'noy podgotovki vrachey-stomatologov [Improvement of educational technologies for professional training of dentists] // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – № 10. – P. 1085-1088.
33. Hany Mohamed Aly Ahmed. A critical analysis of laboratory and clinical research methods to study root and canal anatomy, International Endodontic Journal, 10.1111/iej.13702, 55, S2, (229-280), (2022). Wiley Online Library.
34. Huang GT. Stem progenitor cell-mediated de novo regeneration of dental pulp with newly deposited continuous layer of dentin in an in vivo model / G.T. Huang, T. Yamaza, L.D. Shea [et al.] // Tissue Eng Part A. – 2010 – Vol. 16 (2) – P. 605-615.



35. Huda T. Dental 3D printing sustainability and their impact and future on dental industry // Beneficiary. – 2020. – № 67. – P. 11-17.
36. Joda T., Gallucci G.O., Wismeijer D., Zitzmann N.U. Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. Computers in Biology and Medicine. – 2019. – № 108. – P. 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.03.012>.
37. Ogawa K., Ishida Y., Kuwajima Y., Lee C., Emge J.R., Izumisawa M., Satoh K., Ishikawa-Nagai Sh., Da Silva John D., Chen Ch.-Yu. Accuracy of a Method to Monitor Root Position Using a 3D Digital Crown/Root Model during Orthodontic Treatments, Tomography, 10.3390/tomography8020045. – 2022. – № 8 (2). – P. 550-559.
38. Kalender W.A., Kyriakou Y. Flat-Detector Computed Tomography (FD-CT) // European Radiology. – 2007. – Vol. 17, № 11. – P. 2767-2779. doi:10.1007/s00330-007-0651-9 Eur. Radiol. – 2007. – Vol. 17. – P. 2767-2779.
39. Kessler A., Hickel R., Remus M. 3D printing in dentistry-state of the art. // Operat Dent. – 2020. – № 45. – P. 30-40.
40. Kim K., Choi B., Lim W. The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: a pilot randomized controlled trial. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. – 2019. – № 14 (3). – P. 276-280. Available from: <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1429501>.
41. Kistler K., Vossall L., Matthews B. Genome engineering with CRISPR-Cas9 in the mosquito Aedes aegypti // Cell Report. – 2015. – № 11 (1). – P. 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2015.03.009>.
42. Kouranova E., Forbes K., Zhao G., Warren J., Bartels A., Wu Y. CRISPRs for optimal targeting: Delivery of CRISPR components as DNA, RNA, and protein into cultured cells and single-cell embryos // Hum. Gene Ther. – 2016. – № 27 (6). – P. 464-475. <https://doi.org/10.1089/hum.2016.009>.
43. Kwon H.-B., Park Y.-S., Han J.-S. Augmented reality in dentistry: a current perspective // Acta Odontol Scand. – 2018. – № 76 (7). – P. 497-503. Available from: <https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1441437>.
44. Lee R.J., Pham J., Choy M., Weissheimer A., Dougherty H.L. Jr., Sameshima G.T., Tong H. Monitoring of typodont root movement via crown superimposition of single cone-beam computed tomography and consecutive intraoral scans // Am.J. Orthod. – 2014. – № 145. – P. 399-409.
45. Logano S., Franceschini G., Kilpelä A., Governì L., Blois L. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry // Internet J. Med. Technol. – 2008. – Vol. 5.
46. McCarty M.C., Chen S.J., English J.D., Kasper F. Effect of print orientation and duration of ultraviolet curing on the dimensional accuracy of a 3-dimensionally printed orthodontic clear aligner design // Am J Orthod Dentofacial Orthop. – 2020. – № 158. – P. 889-897.
47. McCormick J.B. Stem cells and ethics: current issues / J.B. McCormick, H.A. Huso // J Cardiovasc Transl Res. – 2010. – Apr. № 3 (2). – P. 122-127.
48. Malysheva. I. Yu., Yanushevich O.O. Tissue engineering of the tooth: directions of development, achievements and unresolved problems. Stomata. – 2017. – № 96, 72.
49. Mitsui S.N., et al. Novel human mutation and CRISPR/cas genome-edited mice reveal the importance of C-terminal domain of MSX1 in tooth and palate development // Sci Rep. – 2016. – № 6. – P. 38398.
50. Moshkova A.I., Levanov V.M. Information Technologies Application and Growing Digitation in Dental Practice in the Russian Federation. In: XI International Scientific Conference «General question of world science». 30.11.2019. Luxembourg. – P. 39-42.
51. Munzenmaier, et al. Genetic, epigenetic, and mechanistic studies of temporomandibular disorders and overlapping pain conditions // Molecular Pain. – 2014. – № 10 (72).
52. Nota A., Pittari L., Tecco S., Chegodaeva A.D., Ryakhovsky A.N., Vykhodtseva M.A. One-stage virtual plan of a complex orthodontic/prosthetic dental rehabilitation // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – T. 19, № 3.
53. Papaspyridakos P., Mokti M., Chen C.J., Benic G.I., Gallucci G.O., Chronopoulos V. (October) Implant and prosthodontic survival rates with implant fixed complete dental prostheses in the edentulous mandible after at least 5 years: a systematic review. Clinical Implant Dentistry and Related Research. – 2014. – № 16 (5). – P. 705-717. doi:10.1111/cid.12036. PMID23311617.
54. Pjetursson B.E., Thoma D., Jung R., Zwahlen M., Zembic A. A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years // Clinical Oral Implants Research. – 2012. – № 23. Suppl 6. – P. 22-38. doi:10.1111/j.1600-0501.2012.02546.x. PMID23062125.



55. Plessas A. Computerized Virtual Reality Simulation in Preclinical Dentistry: Can a Computerized Simulator Replace the Conventional Phantom Heads and Human Instruction? *Simulation in Healthcare: Journal of the Society for Simulation in Healthcare*. 2017;12(5):332-338. URL: <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000250>.
56. Puntillo A. Optical scanners: Eliminating impressions from your practice, lecture, AAO annual session, New Orleans, April 2014.
57. Rahaf A. AlMohareb, Reem M. Barakat, Mohamed Mehanny, Quantitative Analysis of Cone-Beam Computed Tomography Artifacts Induced by Nonmetallic Root Canal Filling Materials Using Different Fields of View: In Vitro Study, *Scanning*. – 10.1155/2022/4829475. – 2022. – № 1-8.
58. Roy E., Bakr M.M., George R. The need for virtual reality simulators in dental education: A review. – *Saudi Dental Journal*. – 2017. – № 29 (2). – P. 41-47. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.02.001>.
59. Schwelger J. 3D printing in dentistry / J. Schwelger, J.F. Guth, J. Turpl // *Новое в стоматологии*. – 2018. – № 1. – P. 12-15.
60. Square T.A., Sundaram S., Mackey E.J., & Miller C.T. Distinct tooth regeneration systems deploy a conserved battery of genes. *Evo Devo*. – 2021. № 12 (1). – P. 1-17. PMID33766133 PMC7995769 doi:10.1186/s13227-021-00172-3.
61. Stafeev A., Petrov P., Khizhuk A., Ryakhovsky A., Chikunov S., Bykova M., Muraki N. Comparative analysis of the reproduction accuracy of main methods for finding the mandible position in the centric relation using digital research method. comparison between analog-to-digital and digital methods: a preliminary report. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 3. – P. 933.
62. Suganuma T., Kaizawa N., Ono Y., et al. «Development of virtual patient system to improve a fundamental clinical skill» // *J. Japan Assoc Simul-Based Edu Healthcare Profess*. – 2013. – № 1. – P. 1-5.
63. Zhou T., Benda Ch., Dunzinger S., et al. & Miguel A Esteban Generation of human induced pluripotent stem cells from urine samples // *Nature Protocols*. – 2012. – № 7 (12). – P. 2080-2089. doi:10.1038/nprot.2012.115.
64. Turkyilmaz I., Lakhia S., Tarrida L.G., Varvara G. The battle of file formats from intraoral optical scanners // *Int J Prosthodont*. – 2020. – № 33. – P. 369-371.
65. Uhanov M.M., Riakhovskii A.N. Restorative nanomaterials in dentistry // *Stomatologiya*. – 2016. – № 95 (2). – P. 73-78. <https://doi.org/10.17116/stomat201695273-78>.
66. Unkovsky A., Schmidt F., Beyer F., Li P., Spintzyk S., Kraemer Fernandez P. Stereolithography vs. direct light processing for rapid manufacturing of complete denture bases: an in vitro accuracy analysis // *J Clin Med*. – 2021. – № 10. – P. 1070.
67. Wobus A.M. (2005). Embryonic Stem Cells: Prospects for Developmental Biology and Cell Therapy // *Physiological Reviews*. – № 85. – P. 635-678;
68. Yirka B. Identified: 15 genes that trigger rapid growth of head and neck squamous cell carcinoma. Oral cancer news compiled by the oral cancer foundation March, 2020. <https://oralcancernews.org/wp/identified-15-genes-that-trigger-rapid-growth-of-head-and-neck-squamous-cell-carcinoma>.
69. Ziv A., Wolpe P.R., Small S.D., Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative // *Acad. Med*. – 2003. – № 78. – P. 783-788.

References

1. Abakarov S.I., et al. CAD/CAM-systems in dentistry: textbook / S.I. Abakarov, A.S. Balandina, D.V. Sorokin, K.S. Adzhiev, S.S. Abakarova, D.S. Arutyunov; FSBEI DPO RMANPO, 2016. – 96 p. ISBN978-5-7249-2616-4.
2. Boikov M.I. Medical and economic justification for improving the regional model of the implementation of the compulsory medical insurance program in dentistry. Diss. MD. Moscow. Federal State Budgetary Institution «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation. – 2017. – 288 p.
3. Galesa S.A., Dyachenko V.G., Galesa M.S. The use of simulation modeling in planning the production of orthopedic services in regional dentistry // *Siberian Medical Journal*. – 2009. – № 8. – P. 88-91.
4. Grigoriev S.N. Prospects for the development of innovative additive manufacturing in Russia and abroad / S.N. Grigoriev, I. Yu. Smurov // *Innovations*. – 2013. – Vol. 10, № 180. – P. 76-72.



5. Dyachenko V.G., Galesa S.A., Galesa S.S. Prerequisites for the formation of a modern model of the organization of dental services in the Russian Far East // Bulletin of Public Health and Healthcare of the Russian Far East [electronic scientific journal]. – 2019. – № 4 (38).
6. Efimin A.V., Barkovets K.N. Achievements and prospects of manufacturing dental prostheses on cad/cam implants for patients with partial adentia (literature review) // Actual problems of medicine. – 2020. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostizheniya-i-perspektivy-izgotovleniya-zubnyh-protezo-v-na-implantah-cad-cam-dlya-patsientov-s-chastichnoy-adentiei-obzor> (accessed: 02.06.2022).
7. Ilushenko A.F., Talako T.L., Letsko A.I. Additive manufacturing of metal products of medical equipment / A.F. Ilushenko, T.L. Talako, A.I. Letsko // Prospects for the development of additive technologies in the Republic of Belarus: collection of dokl. International scientific-practical. simp. (Minsk, May 30, 2018) / National Academy of Sciences of Belarus, State Research Institute of Powder Metallurgy; editor: A.F. Ilyushenko (Chief editor) [and others]. – Minsk: Belorusskaya Navuka, 2018. – 117 p.: ill. – P. 9-18.
8. Kazumyan S.V., Deggev I.A., Borisov V.V., Ershov K.A. Virtual technologies in dentistry // Avicenna Bulletin. – 2020. – № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnye-tehnologii-v-stomatologii> (date of reference: 06/22/2022).
9. Kezhevatoва S. Health care management system. User Manual. Dental 4 Windows / Clinic 4 Windows/ URL: <https://pandia.ru/text/78/169/22655.php> . (accessed 27.06.2022).
10. Kitlerova T. Sberbank – telemedicine from Sberbank. 30/10/2020. URL: <https://sbankami.ru/servisy/telemedicina-ot-sberbanka-medskana-i-dosdoc-ru-sovmestnyj-proekt-budushhego.html> (date of address: 06/22/2022).
11. Krivenko A.N., Grishin D.V., Butkova T.V., et al. Prospects for the development of sectors of the market of domestic biomedical products // State Administration. Electronic bulletin. – 2020. – № 79. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-sektorov-rynka-otechestvennoy-biomeditsinskoy-produktsii> (accessed: 05/25/2022).
12. Levanov V.M., Golub E.A., Agashina A.I., Gavrilova E.P. State and prospects of application of information and telecommunication technologies in dentistry. Journal of Telemedicine and E-Health. – 2021. – № 7 (1). – P. 39-48. URL: <https://doi.org/10.29188/2542-2413-2021-7-1-39-48>
13. Malyshev I. Yu., Yanushevich O.O. Natural odontogenesis: cellular and molecular foundations. Russian dentistry. – 2016. – № 9 (4). – P. 23-35.
14. Naumovich S.S., Naumovich S.A. Cone-beam computed tomography: modern possibilities and prospects of application in dentistry // Modern dentistry. – 2012. – № 2 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konusno-luchevaya-kompyuternaya-tomografiya-sovremennye-vozmozhnosti-i-perspektivy-primeneniya-v-stomatologii> (accessed: 06/03/2022).
15. Nikolaev V.A., Nikolaev A.A. Experience and prospects of using virtual, augmented and mixed reality technologies in the conditions of digital transformation of the healthcare system // Medical technologies. Evaluation and selection. – 2020. – № 2 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-tehnologiy-virtualnoy-dopolnennoy-i-smeshannoy-realnosti-v-usloviyah-tsifrovoy-transformatsii> (accessed: 06/18/2022).
16. Overview of the biotechnology market in Russia and assessment of its development prospects. [electronic resource] / Frost & Sullivan. – 2014. URL: https://www.rvc.ru/upload/iblock/e21/20141020_Russia_Biotechnology_Market_fin.pdf (accessed 14.06.2017).
17. Polezhaev L.V. Loss and restoration of the regenerative ability of organs and tissues in animals. – Nauka, 1968. URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/23797>.
18. Ukhanov M.M., Ivashchenko A.V., Fedyaev I.M., et al. The use of robots in dentistry. Part 1. Robot-assisted systems for teaching dental students and specialists // Russian Dental Journal. – 2018. – № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-robotov-v-stomatologii-chast-1-robot-assistirovannye-sistemy-dlya-obucheniya-studentov-stomatologov-i-spetsialistov> (accessed: 06/22/2022).
19. Ender A., Werner H. Computer-aided design and manufacture (CAD/CAM) of all-ceramic inlays, crowns and veneers. – Zurich, 2005. – P. 49-58.
20. Beheiry M.E., Doutreligne S., Caporal C., Ostertag C., Dahan M., Masson J.-B. Virtual reality: beyond visualization // Journal of Molecular Biology. – 2019. – № 431 (7). – P. 1315-1321. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.01.033>.
21. Benke K., Benke G. Artificial intelligence and big data in public health. International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2018. – № 15 (12). – P. 2796. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph15122796>.



22. Booker R. Boysen E. Nanotechnology for dummies. Wiley, 2006. URL: <https://fulviofrisone.com/attachments/article/455/Nanotechnology%20For%20Dummies.pdf>.
23. Buchanan J.A. Use of simulation technology in dental education // J. Dent. Educ. – 2001. – № 65 (11). – P. 1225-1231.
24. Chalissery E.P., Seung Yu.N., Sang H.P., Sukumaran A. Therapeutic potential of dental stem cells // Journal of Tissue Engineering. – 2017. – № 8, 204173141770253.
25. Chen Y., Kyung H.M., Zhao W.T., Yu W.J. Critical factors for the success of orthodontic mini-implants: a systematic review // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2009. – № 135 (3). – P. 284-291.
26. Cionca N., Hashim D., Mombelli A. Zirconia dental implants: where are we now, and where are we heading? – Periodontology. – 2000. – № 73 (1). – P. 241-258.
27. Cook J., Edwards J., Mullings C., Stephens C. Dentists' Opinions of an Online Orthodontic Advice Service // J Telemed Telecare. – 2001 (7). – P. 334-337.
28. Cousley R.R. Introducing 3D printing in your orthodontic practice // J Orthod. – 2020. – № 47. – P. 265-272.
29. Dubovina D., et al. Teleconsultation in Dentistry Using the XPA3 Online System: Case Report. Scientific Journal of the Faculty of Medicine in NIŠ. – 2012. – № 29 (2). – P. 93-101.
30. Elani H.W., Starr J.R., Da Silva J.D., Gallucci G.O. Trends in Dental Implant Use in the U.S., 1999-2016, and Projections to 2026. Journal of Dental Research. – № 97 (13). – P. 1424-1430. doi:10.1177/0022034518792567. PMC6854267. PMID30075090.
31. Engle X., Aird J., Tho L., Bintclie F., Monsell F., Gollogly J., et al. Combining continuing education with expert consultation via telemedicine in Cambodia. Tropical doctor. – 2014. Apr; № 44 (2). – № 62-68. PubMed PMID: 24322763.
32. Golovchenko C.G., Denisenko L.N., Fedotova Yu.M. Sovershenstvovanie obra-zovatel'nykh tekhnologiy professional'noy podgotovki vrachey-stomatologov [Improvement of educational technologies for professional training of den-tists] // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – № 10. – P. 1085-1088.
33. Hany Mohamed Aly Ahmed. A critical analysis of laboratory and clinical research methods to study root and canal anatomy, International Endodontic Journal, 10.1111/iej.13702, 55, S2, (229-280), (2022). Wiley Online Library.
34. Huang GT. Stem progenitor cell-mediated de novo regeneration of dental pulp with newly deposited continuous layer of dentin in an in vivo model / G.T. Huang, T. Yamaza, L.D. Shea [et al.] // Tissue Eng Part A. – 2010 – Vol. 16 (2) – P. 605-615.
35. Huda T. Dental 3D printing sustainability and their impact and future on dental industry // Beneficiary. – 2020. – № 67. – P. 11-17.
36. Joda T., Gallucci G.O., Wismeijer D., Zitzmann N.U. Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. Computers in Biology and Medicine. – 2019. – № 108. – P. 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.03.012>.
37. Ogawa K., Ishida Y., Kuwajima Y., Lee C., Emge J.R., Izumisawa M., Satoh K., Ishikawa-Nagai Sh., Da Silva John D., Chen Ch.-Yu. Accuracy of a Method to Monitor Root Position Using a 3D Digital Crown/Root Model during Orthodontic Treatments, Tomography, 10.3390/tomography8020045. – 2022. – № 8 (2). – P. 550-559.
38. Kalender W.A., Kyriakou Y. Flat-Detector Com puted Tomography (FD-CT) // European Radiology. – 2007. – Vol. 17, № 11. – P. 2767-2779. doi:10.1007/s00330-007-0651-9 Eur. Radiol. – 2007. – Vol. 17. – P. 2767-2779.
39. Kessler A., Hickel R., Remus M. 3D printing in dentistry-state of the art. // Operat Dent. – 2020. – № 45. – P. 30-40.
40. Kim K., Choi B., Lim W. The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: a pilot randomized controlled trial. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. – 2019. – № 14 (3). – P. 276-280. Available from: <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1429501>.
41. Kistler K., Voss hall L., Matthews B. Genome engineering with CRISPR-Cas9 in the mosquito Aedes aegypti // Cell Report. – 2015. – № 11 (1). – P. 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2015.03.009>.
42. Kouranova E., Forbes K., Zhao G., Warren J., Bartels A., Wu Y. CRISPRs for optimal targeting: Delivery of CRISPR components as DNA, RNA, and protein into cultured cells and single-cell embryos // Hum. Gene Ther. – 2016. – № 27 (6). – P. 464-475. <https://doi.org/10.1089/hum.2016.009>.
43. Kwon H.-B., Park Y.-S., Han J.-S. Augmented reality in dentistry: a current per-spective // Acta Odontol Scand. – 2018. – № 76 (7). – P. 497-503. Available from: <https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1441437>.



44. Lee R.J., Pham J., Choy M., Weissheimer A., Dougherty H.L. Jr., Sameshima G.T., Tong H. Monitoring of typodont root movement via crown superimposition of single cone-beam computed tomography and consecutive intraoral scans // *Am.J. Orthod.* – 2014. – № 145. – P. 399-409.
45. Logano S., Franceschini G., Kilpelä A., Governi L., Blois L. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry // *Internet J. Med. Technol.* – 2008. – Vol. 5.
46. McCarty M.C., Chen S.J., English J.D., Kasper F. Effect of print orientation and duration of ultraviolet curing on the dimensional accuracy of a 3-dimensionally printed orthodontic clear aligner design // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2020. – № 158. – P. 889-897.
47. McCormick J.B. Stem cells and ethics: current issues / J.B. McCormick, H.A. Huso // *J Cardiovasc Transl Res.* – 2010. – Apr. № 3 (2). – P. 122-127.
48. Malysheva. I. Yu., Yanushevich O.O. Tissue engineering of the tooth: directions of development, achievements and unresolved problems. *Stomata.* – 2017. – № 96, 72.
49. Mitsui S.N., et al. Novel human mutation and CRISPR/cas genome-edited mice reveal the importance of C-terminal domain of MSX1 in tooth and palate development // *Sci Rep.* – 2016. – № 6. – P. 38398.
50. Moshkova A.I., Levanov V.M. Information Technologies Application and Growing Digitation in Dental Practice in the Russian Federation. In: XI International Scientific Conference «General question of world science». 30.11.2019. Luxembourg. – P. 39-42.
51. Munzenmaier, et al. Genetic, epigenetic, and mechanistic studies of temporomandibular disorders and overlapping pain conditions // *Molecular Pain.* – 2014. – № 10 (72).
52. Nota A., Pittari L., Tecco S., Chegodaeva A.D., Ryakhovsky A.N., Vykhodtseva M.A. One-stage virtual plan of a complex orthodontic/prosthetic dental rehabilitation // *International Journal of Environmental Research and Public Health.* – 2022. – T. 19, № 3.
53. Papaspyridakos P., Mokti M., Chen C.J., Benic G.I., Gallucci G.O., Chronopoulos V. (October) Implant and prosthodontic survival rates with implant fixed complete dental prostheses in the edentulous mandible after at least 5 years: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* – 2014. – № 16 (5). – P. 705-717. doi:10.1111/cid.12036. PMID23311617.
54. Pjetursson B.E., Thoma D., Jung R., Zwahlen M., Zembic A. A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years // *Clinical Oral Implants Research.* – 2012. – № 23. Suppl 6. – 22-38. doi:10.1111/j.1600-0501.2012.02546.x. PMID23062125.
55. Plessas A. Computerized Virtual Reality Simulation in Preclinical Dentistry: Can a Computerized Simulator Replace the Conventional Phantom Heads and Human Instruction? *Simulation in Healthcare: Journal of the Society for Simulation in Healthcare.* 2017;12(5):332-338. URL: <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000250>.
56. Puntillo A. Optical scanners: Eliminating impressions from your practice, lecture, AAO annual session, New Orleans, April 2014.
57. Rahaf A. AlMohareb, Reem M. Barakat, Mohamed Mehanny, Quantitative Analysis of Cone-Beam Computed Tomography Artifacts Induced by Nonmetallic Root Canal Filling Materials Using Different Fields of View: In Vitro Study, Scanning. – 10.1155/2022/4829475. – 2022. – № 1-8.
58. Roy E., Bakr M.M., George R. The need for virtual reality simulators in dental education: A review. – *Saudi Dental Journal.* – 2017. – № 29 (2). – P. 41-47. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.02.001>.
59. Schwelger J. 3D printing in dentistry / J. Schwelger, J.F. Guth, J. Turpl // *Новое в стоматологии.* – 2018. – № 1. – P. 12-15.
60. Square T.A., Sundaram S., Mackey E.J., & Miller C.T. Distinct tooth regeneration systems deploy a conserved battery of genes. *Evo Devo.* – 2021. № 12 (1). – P. 1-17. PMID33766133 PMC7995769 doi:10.1186/s13227-021-00172-3.
61. Stafeev A., Petrov P., Khizhuk A., Ryakhovsky A., Chikunov S., Bykova M., Muraki N. Comparative analysis of the reproduction accuracy of main methods for finding the mandible position in the centric relation using digital research method. comparison between analog-to-digital and digital methods: a preliminary report. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* – 2020. – Vol. 17, № 3. – P. 933.
62. Suganuma T., Kaizawa N., Ono Y., et al. «Development of virtual patient system to improve a fundamental clinical skill» // *J. Japan Assoc Simul-Based Edu Healthcare Profess.* – 2013. – № 1. – P. 1-5.
63. Zhou T., Benda Ch., Dunzinger S., et al. & Miguel A Esteban Generation of human induced pluripotent stem cells from urine samples // *Nature Protocols.* – 2012. – № 7 (12). – P. 2080-2089. doi:10.1038/nprot.2012.115.

64. Turkyilmaz I., Lakhia S., Tarrida L.G., Varvara G. The battle of file formats from intraoral optical scanners // Int J Prosthodont. – 2020. – № 33. – P. 369-371.
65. Uhanov M.M., Riakhovskii A.N. Restorative nanomaterials in dentistry // Stomatologiya. – 2016. – № 95 (2). – P. 73-78. <https://doi.org/10.17116/stomat201695273-78>.
66. Unkovsky A., Schmidt F., Beyer F., Li P., Spintzyk S., Kraemer Fernandez P. Stereolithography vs. direct light processing for rapid manufacturing of complete denture bases: an in vitro accuracy analysis // J Clin Med. – 2021. – № 10. – P. 1070.
67. Wobus A.M. (2005). Embryonic Stem Cells: Prospects for Developmental Biology and Cell Therapy // Physiological Reviews. – № 85. – P. 635-678;
68. Yirka B. Identified: 15 genes that trigger rapid growth of head and neck squamous cell carcinoma. Oral cancer news compiled by the oral cancer foundation March, 2020. <https://oralcancernews.org/wp/identified-15-genes-that-trigger-rapid-growth-of-head-and-neck-squamous-cell-carcinoma>.
69. Ziv A., Wolpe P.R., Small S.D., Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative // Acad. Med. – 2003. – № 78. – P. 783-788.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья принята к публикации 10.12.2022.

The article was accepted for publication 10.12.2022.



«Дальневосточный медицинский журнал»
включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
Журнал включен в Российский индекс научного цитирования
(РИНЦ, <http://elibrary.ru/>)

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-71790 от 08.12.2017 г.

Основан в 1935 г.
Возрожден в 1995 г.

Адрес редакции:
680000, г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, 35

Ответственный секретарь *Е. В. Казакова*
Техн. редактор, корректор *А. А. Додонова*
Оригинал-макет *Ю. В. Назаренко*