

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ОРТОПЕДИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПАРОДОНТА

APPLICATION OF SCANNING IN ORTHOPEDIC TREATMENT OF PATIENTS WITH PERIODONTAL DISEASES

M. Toumassian

Summary. This paper is devoted to the application of scanning in dentistry, in particular, in orthopedic treatment of patients with periodontal diseases. It considers modern scanning methods, including 3D-scanning and CAD/CAM technologies, their role in determining the structural features of the oral cavity of patients with periodontal diseases. It considers advantages and disadvantages of scanning in comparison with traditional methods of medical examination, possibilities of scanning application for personalized choice of prostheses and implants in patients with periodontal diseases.

Keywords: digital dentistry, prosthetic dentistry, periodontal diseases, 3D-scanning, CAD/CAM technologies.

Самым значительным изменением в стоматологической сфере за последние годы, несомненно, является развитие цифровой стоматологии. Научный прогресс широко наблюдается в области ортопедической стоматологии. Ранее на восстановление зубных рядов или установку зубных протезов требовалось много времени и усилий со стороны стоматологов, зубных техников и персонала, а также несколько походок к врачу. Сейчас современные 3D-технологии позволяют значительно быстрее решать подобные задачи. Процесс создания зубного протеза сегодня основан на бесконтактном сканировании полости рта пациента, компьютерном моделировании будущего протеза и последующем 3D-синтезе. Этот процесс занимает всего несколько часов. При таком подходе протез точно соответствует полости рта (Шустов, Шустова, 2022).

Существуют два типа стоматологических сканеров: интраоральные (внутриротовые) и стационарные. Интраоральные 3D-сканеры используются для создания цифровых слепков зубов. Они функционируют путем проецирования лучей света на объект и передачи полученного сигнала на компьютер для создания трехмерного изображения. Интраоральные сканеры используются для осуществления диагностики, создания 3D-моделей для реставрации, изготовления имплантатов и других приспособлений для процессов протезирования, ортодонтии и хирургии в полости рта. С помощью стационарных

Тумасян Михаил Грачьевич
Северо-Западный государственный медицинский
университет имени И.И. Мечникова
79119800070@yandex.ru

Аннотация. Данная работа посвящена особенностям применения сканирования в стоматологии, в частности, при ортопедическом лечении пациентов с заболеваниями пародонта. В ней рассматриваются современные методы сканирования, включая CAD/CAM технологии, 3D-сканирование и методы томографии, их роль в определении структурных особенностей полости рта пациентов с заболеваниями пародонта. Рассматриваются преимущества и недостатки сканирования по сравнению с традиционными методами, приводится обзор клинических исследований по данной теме.

Ключевые слова: цифровая стоматология, ортопедическая стоматология, заболевания пародонта, 3D-сканирование, CAD/CAM технологии.

аппаратов в лабораторных условиях создаются 3D виртуальные модели из гипсовых слепков (Тлупов и др., 2022).

В настоящее время лишь до 10 % стоматологов пользуются возможностью цифрового оттиска челюсти с адентией, используя интраоральные сканеры. Однако, можно надеяться на то, что этот процент будет расти. Цифровая технология стала неотъемлемой частью стоматологической практики за последние десятилетия. Появление цифровых моделей предоставляет множество преимуществ, включая более точную оценку размеров зубов, расчет ортодонтических индексов и сбор всей необходимой информации для диагностики (Эртесян и др., 2021).

С момента появления CAD-CAM технологий в 1980-х годах, цифровые стоматологические технологии стремительно развиваются (Ramsey, Ritter, 2012). CAD/CAM в стоматологии — это метод проектирования и изготовления зубных протезов с использованием компьютерных систем. CAD расшифровывается как «Computer-Aided Design» (создание модели при помощи компьютера), CAM — «Computer-Aided Manufacturing» (изготовление изделия с использованием компьютера). CAD отвечает за формирование трехмерных моделей зубов и челюстей, CAM занимается превращением этих моделей в реальные объекты — коронки и реставрации. Процесс состоит из того, что врач проводит сканирование поло-

сти рта пациента, чтобы получить 3D изображение зубов и десен. Затем изображение обрабатывается в программе (CAD) для создания дизайна будущего протеза. После того, как дизайн утвержден, данные передаются на оборудование CAM, которое изготавливает протез из подходящего материала (Davidowitz, Kotick, 2011). Сканирование протезного ложа является начальным этапом при изготовлении зубного протеза при помощи любой CAD/CAM системы (Наумович, Разоренов, 2016). К 2003 году была достигнута возможность сканирования и создания трехмерных цифровых изображений для изготовления реставраций зубов. Автоматизированный сбор данных также стал широко применяться в ортодонтии, протезировании и имплантации благодаря использованию цифровых систем снятия оттисков (Mizumoto, Yilmaz, 2018).

Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии обладает рядом преимуществ: процесс создания протезов автоматизирован и требует минимального участия оператора; готовые протезы учитывают индивидуальные особенности полости рта пациента; возможно оформлять заказы на протезы через электронную почту, что позволяет оперативно восстановить поврежденный протез даже находясь на удалении от пациента; эффективность работы зубопротезной лаборатории заметно возрастает, сокращая при этом время изготовления и установки протезов (Шустов, Шустова, 2022).

Пародонтит представляет собой воспалительное заболевание тканей, поддерживающих зубы, и начинается с образования бактериальной биопленки на поверхности зуба, его корня и в пародонтальных зазорах (карманах), что приводит к развитию иммунной и воспалительной реакции организма. Это многофакторное воспалительное заболевание, обусловленное взаимодействием между бактериями полости рта, инфицирующими карманы, их эпителиальной выстилкой и местной защитной реакцией организма (Di Benedetto и др., 2013). Пародонтит определяется апикальной миграцией эпителия, которая разрушает прикрепление коллагеновых волокон соединительной ткани, углублением пародонтальных карманов и потерей альвеолярной кости, необходимой для поддержания зубов. При отсутствии лечения пародонтит приводит к потере зубов. Образующийся зазор между зубами и окружающими мягкими тканями является предшественником потери альвеолярной кости (Costa и др., 2014). Для точной диагностики пародонтита и принятия обоснованных решений необходимо определять прогноз для каждого зуба и всего зубного ряда. Эти данные имеют ключевое значение при планировании лечения и оценке эффективности его проведения. Точные и воспроизводимые измерения глубины и формы или 3-D расширения пародонтального кармана являются важным дополнением к существующим технологиям и облегчают анализ степени и тяжести заболеваний пародонта (Hill, Slate, 2014).

Система цифрового объемного сканирования позволяет получать оптические оттиски. Это позволяет создавать трехмерные виртуальные модели препарированных зубов, которые могут быть использованы для изготовления прямых реставраций с использованием систем CAD/CAM. Получение точного оттиска является критически важной задачей в ортопедическом лечении. Идеальный оттиск должен передавать уникальные особенности протезного ложа и обладать высокой размерной точностью, что зависит не только от материала, используемого для оттиска, но и от способа его получения. Одним из новейших методов получения оттисков является лазерное внутриротовое сканирование зубных рядов, позволяющее получать высокоточные цифровые оттиски (Вокулова, Жулев, 2016).

В исследовании Юмашева с соавт. (2015) было проведено клиническое исследование, в рамках которого сравнивались традиционные и современные методы лечения заболеваний пародонта, а также проводился анализ эффективности лечения у пациентов с повышенным фарингеальным рефлексом. В ходе исследования были изучены как традиционные методы получения информации о рельефе слизистой оболочки полости рта с помощью оттисков, так и метод создания «оптического слепа» с использованием интраорального сканера 3Share TRIOS. Было установлено, что большинство пациентов предпочли метод интраорального сканирования перед традиционным получением оттисков с использованием слепочных масс. Большинство пациентов оценили интраоральное сканирование, даже с учетом его длительности, более предпочтительным, чем традиционный способ с получением оттисков (Юмашев и др., 2015).

Интраоральное сканирование позволяет получать данные о форме внешних поверхностей зубов и зубных имплантатов, а также используется для идентификации окружающих мягкотканых структур на основе различий в оттенках (Deferm и др., 2018).

Однако, ряд исследований показывает, что интраоральная рентгенография не всегда достаточно точно отражает потерю альвеолярной кости из-за различных ошибок, включая ошибки проекции или ошибки в интерпретации. В результате воронкообразные или язычные дефекты могут оставаться незамеченными, а разрушение буккальной пластинки может быть не диагностировано или неправильно идентифицировано. Поэтому для более точной диагностики стали применять трехмерные методы, такие как конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), которые предоставляют более информативные изображения уровня пародонтальной кости (Isep и др., 2020). Конусно-лучевая компьютерная томография обладает высоким разрешением, точностью измерений и возможностью создания тонких срезовых изображений, а также восстановления

информации в трехмерном формате. Ни один из ранее применяемых методов лучевой диагностики не обеспечивает такого объема информации и качества визуализации костных структур, как КЛКТ. Этот метод также характеризуется низкой лучевой нагрузкой. С помощью КЛКТ можно с высокой точностью определить положение дентальных имплантатов у пациента, проверить правильность посадки ортопедической конструкции на платформы имплантатов, а также оценить степень и характер возможных атрофических изменений костной ткани вокруг имплантатов (Чибисова и др., 2020). Исследования показывают, что УЗИ имеет большой потенциал для дополнения КЛКТ в задаче измерения толщины кортикальной кости (Degen и др., 2017), особенно если ультразвуковые снимки выполняются с использованием 3D-установки для визуализации.

Оптические сканеры предоставляют возможность получать изображения зубных рядов *in vivo* и изображений физических моделей *in vitro* для создания цифрового 3D-изображения. Системы сканирования имеют множество применений в ортодонтии, включая цифровое хранение моделей и анализ слепков, измерение зубной дуги, сегментацию зубов и оценку окклюзии. Они также используются для оценки десневых рецессий и для изучения дефектов альвеолярного гребня в лабораторных условиях. Эти устройства позволяют получать цифровые диагностические изображения, а также экспортировать данные для оптимального планирования хирургических процедур и имплантации, включая данные компьютерной томографии (Aydiyurt, Ertugrul, 2017).

Также, при ортопедическом лечении заболеваний пародонта применяется метод МРТ-сканирования. Магнитно-резонансная томография (МРТ) — это метод диагностики мягких тканей, не использующий ионизирующее излучение. Во время МРТ-сканирования действует магнитное поле, которое воздействует на ядра водорода в молекулах воды в организме. Аппараты подают радиочастотный импульс, позволяющий ядерным спинам резонировать в сильном статическом магнитном поле. Возбужденные атомы водорода испускают радиочастотный сигнал, который принимается и измеряется приемной катушкой, преобразующей радиочастотные сигналы в сигнал электрического тока. Контрастность получаемого изображения зависит от скорости релаксации возбужденных атомов водорода. Обычная МРТ не позволяет получить изображение зубов из-за высокого содержания минералов и быстрого распада сигнала воды в плотных минерализованных тканях, что приводит к низкой интенсивности изображения. Однако она может быть использована для изображения мягких тканей внутри полости рта, включая десны, пульпу, корневые каналы и периодонтальную связку. Таким образом, МРТ позволяет получить изображение мягких тканей

стенки пародонтального кармана, но не его твердых тканей (Idiyatullin и др., 2011).

Оптическая когерентная томография (ОКТ) представляет собой бесконтактный метод визуализации микроструктуры зубов и имеет потенциал для оценки здоровья тканей пародонта. С помощью данного метода можно получить «оптическую биопсию» тканей на глубине до 2–3 мм. ОКТ основана на анализе оптического рассеяния в структуре тканей и позволяет создавать трехмерные изображения биологических структур с высоким разрешением в поперечном сечении, сканируя поверхность ткани слабо сфокусированным пучком света. Для этого используются широкополосные низкокогерентные источники света в ближнем инфракрасном диапазоне, обеспечивающие значительное проникновение в ткани без вредных биологических эффектов. Микроструктурные детали тканей выявляются через анализ различий между рассеянными и пропущенными или отраженными фотонами (Otis и др., 2000; Gimbel, 2008).

Методы поперечной рентгенографии и компьютерной томографии с многоплоскостными сечениями и 3D-реконструкциями являются важными диагностическими средствами в современной стоматологии. Хотя обычная мультidetекторная компьютерная томография (МДКТ) уже давно позволяет визуализировать структуру тканей, ее главным недостатком является высокая доза облучения. Доза облучения от сканирования МДКТ сопоставима с радиацией, которую человек получает ежегодно от природных источников, таких как радон и космическое излучение. КЛКТ можно рассматривать как альтернативу МДКТ, которая подходит для широкого спектра краниомаксиллофациальных показаний. Для большинства показаний необходимо менее интенсивное облучение, чем при обычной МДКТ. Несмотря на все более частое применение КЛКТ для сканирования челюстно-лицевой области, низкое качество изображений и значительная вариабельность числа КТ создают трудности для использования этого метода в качестве эффективного инструмента. Напротив, МДКТ обеспечивает высокое качество изображений и стабильные характеристики КТ, благодаря уменьшенным сигналам рассеяния, более линейным детекторам и сложным алгоритмам коррекции (Yang, 2016).

Таким образом, использование систем CAD/CAM способствует прогрессу современной ортопедической стоматологии, поднимая профессиональные практики на новый уровень. Благодаря технологиям 3D сканирования возможно создание высокоточных цифровых моделей зубов, что значительно оптимизирует эффективность ортопедического лечения путем получения точной и объективной информации для последующего анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вокулова Ю.А., Жулев Е.Н. Оценка точности получения оттисков зубных рядов с применением технологии лазерного сканирования //Современные проблемы науки и образования. — 2016. — №. 5. — С. 164–164.
2. Наумович С.С., Разоренов А.Н. CAD/CAM системы в стоматологии: современное состояние и перспективы развития //Современная стоматология. — 2016. — №. 4 (65). — С. 2–9.
3. Тлупов И.В., Мохамед Х., Бибарс Ф. 3D-сканирование в стоматологии //ББК 1 Н 34. — С. 714. — 2022.
4. Чибисова М.А., Прохвятилов О.Г., Батюков Н.М. Применение конусно-лучевой компьютерной томографии на этапах ортопедического лечения //Институт стоматологии. — 2020. — №. 1. — С. 34–36.
5. Шустов М., Шустова В. Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии. — Litres, 2022.
6. Эртесян А.Р., Садыков М.И., Нестеров А.М. Точность 3D изображений в ортопедической стоматологии: систематический обзор //Актуальные вопросы современной науки и образования. — 2021. — С. 155–158.
7. Юмашев А.В. и др. Варианты использования 3D сканирования в ортопедической стоматологии //Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. — 2015. — Т. 9. — №. 1. — С. 2–6.
8. Aydinyurt H.S., Ertugrul A.S. A novel volumetric analysis using CAD/CAM scanners in gingival recession treatment //Medical Science and Discovery. — 2017. — Т. 4. — №. 10. — С. 72–79.
9. Costa F.O. et al. Tooth loss in individuals under periodontal maintenance therapy: 5-year prospective study //Journal of Periodontal Research. — 2014. — Т. 49. — №. 1. — С. 121–128.
10. Davidowitz G., Kotick P.G. The use of CAD/CAM in dentistry //Dental Clinics. — 2011. — Т. 55. — №. 3. — С. 559–570.
11. Deferm J.T. et al. Validation of 3D documentation of palatal soft tissue shape, color, and irregularity with intraoral scanning //Clinical oral investigations. — 2018. — Т. 22. — С. 1303–1309.
12. Degen K. et al. Assessment of cortical bone thickness using ultrasound //Clinical oral implants research. — 2017. — Т. 28. — №. 5. — С. 520–528.
13. Di Benedetto A. et al. Periodontal disease: linking the primary inflammation to bone loss //Clinical and Developmental Immunology. — 2013. — Т. 2013.
14. Gimbel C.B. Optical coherence tomography imaging for evaluating the photobiomodulation effects on tissue regeneration in periodontal tissue //Proceedings of Light-Activated Tissue Regeneration and Therapy Conference. — Springer US, 2008. — С. 173–180.
15. Hill E.G., Slate E.H. A semi-parametric Bayesian model of inter-and intra-examiner agreement for periodontal probing depth //The annals of applied statistics. — 2014. — Т. 8. — №. 1. — С. 331.
16. Icen M. et al. Comparison of CBCT with different voxel sizes and intraoral scanner for detection of periodontal defects: an in vitro study //Dentomaxillofacial Radiology. — 2020. — Т. 49. — №. 5. — С. 20190197.
17. Idiyatullin D. et al. Dental magnetic resonance imaging: making the invisible visible //Journal of endodontics. — 2011. — Т. 37. — №. 6. — С. 745–752.
18. Mizumoto R.M., Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review //The Journal of prosthetic dentistry. — 2018. — Т. 120. — №. 3. — С. 343–352.
19. Otis L.L. et al. Optical coherence tomography: a new imaging: technology for dentistry //The Journal of the American Dental Association. — 2000. — Т. 131. — №. 4. — С. 511–514.
20. Ramsey C.D., Ritter R.G. Utilization of digital technologies for fabrication of definitive implant-supported restorations //Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. — 2012. — Т. 24. — №. 5. — С. 299–308.
21. Yang C.C. Characterization of scattered X-ray photons in dental cone-beam computed tomography //Plos one. — 2016. — Т. 11. — №. 3. — С. e0149904.

© Тумасян Михаил Грачьевич (79119800070@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»