

ИНТРАОРАЛЬНОЕ СКАНИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ СТОМАТОЛОГИИ: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

INTRAORAL SCANNING IN MODERN DENTISTRY: ADVANTAGES, DISADVANTAGES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

E. Ovcharenko
T. Zaredinova
L. Kurtmulaeva
A. Tasinov
E. Tasinov
R. Raupova

Summary. Scanning is the process of obtaining an accurate three-dimensional model of teeth and surrounding tissues. This method is used in dentistry for diagnosis, treatment planning and the creation of dentures. Currently, dentistry is faced with the constant development and introduction of new technologies that significantly improve the quality and effectiveness of dental practice. One of the latest innovations with great potential to facilitate and improve the work of dentists is intraoral scanning. However, despite the advantages, this technology has certain disadvantages, the study of which is important to improve the quality of dental care.

The purpose of this study is to study the main advantages of intraoral scanning in comparison with traditional methods of impression and analysis.

Keywords: orthopedic dentistry, intraoral scanning, extraoral scanning, aesthetic treatment.

Овчаренко Елена Николаевна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
elena-ovcharenko17@rambler.ru

Зарединова Тамила Ремзиевна

Крымский Федеральный Университет
им. В. И. Вернадского (г. Симферополь)
2325iva@mail.ru

Куртмулаева Лейля Назим кызы

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
turbolelik0220@gmail.com

Тасинов Абильсеит Эдемович

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
edemtasinov@gmail.com

Тасинов Эскендер Эдемович

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
edem.tasinov@gmail.com

Раупова Рияна Ильясовна

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
riya02@bk.ru

Аннотация. Сканирование — это процесс получения точной трехмерной модели зубов и окружающих тканей. Данный метод используется в стоматологии для диагностики, планирования лечения и создания зубных протезов. В настоящее время стоматология сталкивается с постоянным развитием и внедрением новых технологий, которые значительно улучшают качество и эффективность стоматологической практики. Одной из последних инноваций, имеющей большой потенциал для облегчения и улучшения работы стоматологов, является интраоральное сканирование. Однако, несмотря на преимущества, данная технология имеет определенные недостатки, изучение которых имеет важное значение для улучшения качества оказываемой стоматологической помощи.

Целью данного исследования является изучение основных преимуществ интраорального сканирования в сравнении с традиционными методами оттиска и анализ их влияния на точность диагностики и лечения в современной стоматологии.

Ключевые слова: ортопедическая стоматология, интраоральное сканирование, экстраоральное сканирование, эстетическое лечение.

Введение

Ортопедическая стоматология является одним из ключевых направлений современной стоматологии, которое занимается диагностикой, профилактикой и лечением нарушений жевательного аппарата, связанных с потерей зубов и нарушением целостности зубного ряда. Важной составляющей ортопедической стоматологии является применение современных методов сканирования, позволяющих получить высокоточные трехмерные изображения зубов, челюсти и мягких тканей пациента. Изучение темы сканирования в стоматологии становится все более актуальным в связи с постоянным развитием технологий и появлением новых, более совершенных методов сканирования. С каждым годом требования к качеству и точности получаемых данных возрастают, что обуславливает необходимость изучения аспектов использования инновационных сканеров и совершенствования существующих методов. Процесс сканирования в ортопедической стоматологии начал активно развиваться еще в конце XX века, когда были разработаны первые устройства для получения трехмерных изображений [1, 2, 3]. В 1971 г. во Франции были начаты работы по созданию первой системы для проектирования и изготовления коронок. В 1973 г. была опубликована диссертационная работа доктора Ф. Дюре, в которой была предложена инновационная концепция автоматизированного проектирования и создания зубных протезов, получившая название — CAD/CAM, а в 1989 г. на конференции в Чикаго был представлен патент на первое разработанное им устройство CAD/CAM и продемонстрированы его функциональные возможности [2, 3]. Первоначальные системы «CAD/CAM» функционировали по принципу замкнутой системы, подразумевающей создание цифровых слепков с помощью фрезерных станков той же компании, что и система «CAD/CAM». Позднее появились полуоткрытые системы с возможностью взаимодействия с оборудованием от сторонних производителей, обладающих лицензией на использование этой технологии [2, 4].

Анализ и обсуждение

В последние десятилетия развитие технологий сканирования достигло новых высот, благодаря чему появились новые методы получения трехмерных моделей, которые стали более точными, быстрыми и доступными для использования в ортопедической стоматологии. Это, в свою очередь, позволило повысить качество диагностики и лечения стоматологических заболеваний, а также расширить возможности врачей-стоматологов при планировании и реализации ортопедических процедур. В данной работе мы рассмотрим различные методы сканирования в ортопедической стоматологии, сравним их характеристики и определим области применения каждого из них.

Современные методы сканирования можно условно разделить на две основные группы: внутриворотные (интраоральные) и внеротовые (экстраоральные) методы [1, 3]. Наиболее распространенным на сегодняшний день является интраоральный метод сканирования — он предполагает использование различных устройств для получения трехмерных изображений зубов и окружающих их тканей [3, 4]. Интраоральное сканирование вышло на первый план в клинической практике преимущественно в связи с тем, что процесс сканирования по данной методике является более быстрым и комфортным для пациента по сравнению с экстраоральным сканированием. Наиболее распространенными являются интраоральный сканер и сканер на основе камеры, а также другие методы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Интраоральный сканер — это устройство, используемое в стоматологии для создания трехмерного оптического оттиска. Этот процесс включает в себя проецирование источника света (инфракрасного или структурированного света) на область, которая должна быть отсканирована, в данном случае, на зубную дугу. Полученное изображение обрабатывается с помощью специального программного обеспечения, которое создает трехмерную модель отсканированной поверхности [3, 4, 5]. Эта модель может быть использована для создания виртуальных моделей зубов и считается более удобной, чем традиционные оттиски, в которых используются необратимые гидроколлоидные и эластомерные оттисковые материалы [4].

Интраоральное цифровое сканирование предоставляет ряд преимуществ, таких как возможность визуализации в режиме реального времени, простота повторения процедуры, возможность выборочного захвата определенных областей, экономия времени на заливке отливок, предотвращение износа модели и быстрая связь с доступностью информации [5, 6, 7, 8]. Как уже было сказано ранее, одно из основных преимуществ использования интраорального сканера заключается в том, что они позволяют получить точную информацию о состоянии зубов пациента без необходимости использования традиционных оттисков — это не только сокращает время на проведение процедуры, но и снижает дискомфорт для пациента, особенно для тех, кто испытывает трудности с традиционными методами [8, 9]. В 2018 году было проведено исследование, направленное на оценку удобства использования одного из современных интраоральных сканеров — в рамках исследования оценивались такие параметры, как комфорт, время сканирования, размер сканера, наличие рвотного рефлекса и другие. По результатам исследования, сканирование с использованием интраорального сканера показало лучшие результаты по сравнению с традиционным способом получения оттиска [9, 10]. Также стоит отметить,

что использование интраорального сканера является более экологичным [8]. В других исследованиях, целью которых была непосредственная оценка точности интраорального сканирования, было обнаружено, что интраоральные сканеры обладают высокой точностью воспроизведения границы препарирования при различных вариантах расположения уступа культи зуба относительно уровня десневого края, что является критическим фактором для планирования конструкции последующей не прямой реставрации, а также оценки качества ее интеграции [11]. Кроме этого, важным критерием точности интраорального сканирования является величина краевого прилегания, так как данный параметр влияет на долговечность и эффективность протезов и реставраций. При неправильном прилегании края протеза может возникнуть проникновение бактерий и развитие кариеса или периодонтита, а также возникнуть дискомфорт для пациента и эстетические проблемы. В исследовании по качеству краевого прилегания с применением показали, что каркасы, изготовленные с использованием технологии внутриротового сканирования, имеют значительно меньшую величину вертикального краевого зазора (в среднем, 30 мкм), по сравнению с каркасами, изготовленными с применением традиционных оттисков (в среднем, 49 мкм) [12].

Также в настоящее время благодаря развитию интернет-технологий появилась возможность передавать данные пациентов непосредственно зубным техникам, минуя этап физической отправки моделей зубов, что упрощает процесс коммуникации между стоматологом и зубным техником. Также это позволяет избежать риска повреждения моделей при транспортировке и сократить время на их передачу [6, 7]. Цифровые модели, созданные с помощью интраорального сканера, занимают значительно меньше места по сравнению с физическими гипсовыми моделями — такие модели не требуют специального хранения, что делает их более удобными в использовании [7, 9].

Однако, использование интраорального сканера может быть затруднительно при наличии у пациента кариеса, зубного налета или аномалий прикуса. Также одной из основных сложностей, связанных с применением интраоральных сканеров и получением оптических оттисков, является трудность в определении точных границ подготовленных зубов, особенно при наличии кровотечений или в эстетически важных областях, где требуется субгингивальное размещение краев протеза [1, 3, 9]. Это обусловлено тем, что в отличие от традиционных оттисковых материалов, свет от интраоральных сканеров не может физически разделить десну, что затрудняет обнаружение «невидимых» областей [9].

Точность интраоральных сканеров является критически важным параметром, так как они являются основой

цифрового рабочего процесса в стоматологии, в связи с чем данный параметр стал предметом ряда исследований, результаты которых оказались противоречивыми. Некоторые из них показали, что интраоральные сканеры способны обеспечивать точность, сопоставимую с традиционными методами получения оттисков [10]. Таким образом, размеры зубов могут быть с высокой точностью представлены на цифровом изображении. Это облегчает процесс планирования лечения и принятия решений о требованиях к свободному пространству. Клинические испытания также подтвердили, что точность интраорального сканирования превосходит традиционные альгинатные оттиски [7, 9]. Тем не менее, некоторые авторы не согласны с этими выводами, утверждая, что в оптимальных условиях точность интраоральных оттисков, полученных с помощью интраоральных сканеров ниже, чем при использовании традиционных материалов и оцифровке экстраоральными сканерами [10].

Результаты исследований, проведенных Grunheid и Sfondrini, подтверждают потенциал интраорального сканирования как метода получения данных с точностью, сравнимой с альгинатными оттисками для ортодонтии [9, 13]. Однако существуют исследования, которые показывают, что традиционные оттисковые материалы могут обеспечить более высокую точность по сравнению с цифровыми оттисковыми системами [13]. Факторы, связанные с состоянием полости рта пациента, также могут влиять на точность сканирования. Кроме того, точность сканирования верхней челюсти, как правило, ниже, чем нижней [14].

Результаты некоторых исследований показывают, что точность сканирования зависит от состояния поверхности зуба. Было обнаружено, что сканирование дистальной поверхности может быть менее точным, что указывает на то, что области между зубами, где расстояние между ними невелико, могут представлять сложность для современных сканеров [8, 13]. Аналогичная картина не была замечена для мезиальной поверхности. Возможно, расстояние между краем подготовленного зуба и соседним зубом влияет на точность сканирования, однако для подтверждения данной гипотезы необходимо измерить абсолютные значения этих расстояний на мезиальной и дистальной поверхностях для оценки роли, которую играет расстояние между соседними зубными поверхностями в точности сканирования [8].

Однако, существует ряд факторов, которые в настоящее время сдерживают широкое использование интраоральных сканеров в стоматологической практике. Высокая цена интраорального сканера и сопутствующего оборудования делают его приобретение затратным [13]. Кроме того, есть определенные трудности в освоении интраоральных сканеров, особенно для стомато-

логов старшего поколения, которые могут испытывать сложности в работе с такой техникой [15]. Также стоит учитывать, что на рынке представлены интраоральные сканеры разных производителей, которые имеют свои особенности и могут отличаться по точности и скорости работы. Все эти факторы необходимо учитывать при выборе интраорального сканера для использования в клинике.

Точность каждого интраорального сканирования определяется аппаратными и программными спецификациями выбранного устройства. Человеческий фактор, который может повлиять на точность сканера, включает в себя технологию сканирования, выбор системы, размеры сканирующей головки, процесс калибровки, расстояние сканирования и подверженность изменениям температуры, влажности, освещения, опыта оператора, схемы сканирования, длительности сканирования, ошибок отключения, повторного сканирования и дублирования процедур [16]. Для успешного сканирования врач располагает сканируемый объект по центру датчика и проводит головкой интраорального сканера по определенной схеме, так называемой стратегией сканирования. Влияние данной стратегии на точность отпечатка еще не до конца изучено. Стратегии, отличные от предлагаемых производителем интраорального сканера, могут приводить к значительно меньшей точности [17, 18]. Oh и коллеги сделали вывод о том, что следует избегать вертикального наклона интраорального сканера [19].

Отдельную проблему представляет сканирование при полной адентии. Исследовательские данные демонстрируют, что точность цифрового сканирования слизистой оболочки десен при отсутствии всех зубов детерминруется характеристиками мягких тканевых структур, такими как пластичность, мобильность и размерные параметры, равно как и особенностями IOS-системы, куда входят размер и ширина сканера, и методологическими подходами к сканированию [17, 20, 21, 22]. Osnes и соавторы описали, как некоторые интраоральные сканеры продемонстрировали наиболее значительные средние отклонения поверхности по всей площади [23]. Однако эти показатели были ниже предельного значения в 300 микрометров [24]. Jung и его соавторы оценили точность интраоральных сканеров только в опорных структурах верхнечелюстной и нижнечелюстной дуг. Исследователи высказали предположение, что более высокие результаты могут быть достигнуты при использовании сканера со специализированными наконечниками для мягкого нацеливания [25].

Исследование, недавно проведенное Кумаром с соавторами, обнаружило потенциал применения интраорального сканера для выявления ранних эрозий зуба,

однако они отметили, что изображения обладают низкой точностью и могут не позволить различить мельчайшие различия поверхности [26, 27]. В случае обнаружения скорости износа зубов, выходящей за рамки средней физиологической нормы (примерно на 0.02–0.04 мм/год), стоматологи имеют возможность оперативно провести дополнительное обследование и актуализировать историю болезни и информацию о гигиене полости рта пациента [28]. После установления причины пациенту может быть рекомендован комплексный курс лечения, например, изменение привычек, установка окклюзионных шин или ортодонтическое лечение.

Основываясь на анализе результатов рассмотренных исследований, цифровые оттиски имплантатов полной дуги, полученные с использованием интраорального сканера, не обладают достаточной точностью для клинического применения. Точность значительно зависит от расстояния между имплантатами, типа интраорального сканера и опыта оператора, тогда как угол наклона имплантата, соединение имплантатов и глубина вживления не оказывают влияния [28, 29]. Влияние стратегии сканирования и измененной техники требует дальнейших исследований.

Цифровые интраоральные системы моделирования продолжают активно развиваться, однако из-за многообразия данных зачастую сложно сопоставить результаты отдельных исследований для формирования общего представления о точности интраоральных сканеров. Для оценки точности используются различные параметры, такие как клиническое или лабораторное обследование, сканирование всей зубной дуги, частичное сканирование беззубого участка или одного зуба. Кроме того, точность может измеряться в терминах разрешения. На точность интраорального сканирования влияют различные факторы, включая технологию самого сканера, использование порошкового сканирующего материала, программное обеспечение, а также стратегию сканирования. По сравнению с традиционными методами интраоральное сканирование может быть более надежным инструментом для диагностики и в случаях, когда необходимо провести короткое сканирование. Однако при использовании для сканирования всей зубной дуги интраоральный сканер может демонстрировать большую степень погрешности, а также при регистрации подвижных поверхностей слизистой оболочки следует внести некоторые улучшения. Исследования демонстрируют различные результаты для разных типов интраоральных систем сканирования. Несмотря на то, что точность интраоральных сканирующих систем представляется многообещающей, сравнимой с традиционными подходами, они все еще подвержены ошибкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Accuracy of digital implant impressions obtained using intraoral scanners: a systematic review and meta-analysis of in vivo studies / Ma, J., Zhang, B., Song, H. et al. // *International Journal of Implant Dentistry*. — 2023. — Vol. 9. — P. 48.
2. Дякин Н.С., Зубкова А.А. Системы CAD/CAM проектирования: интраоральные сканеры в области инновационной стоматологии // *Международный студенческий научный вестник*. — 2021. — № 2.
3. An overview of three-dimensional imaging devices in dentistry / Hou X, Xu X, Zhao M, et al. // *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. — 2022. — Vol. 34, N 8. — P. 1179–1196.
4. Tanna NK, AlMuzaini AAY, Mupparapu M. Imaging in Orthodontics // *Dent Clinics of North Amrica*. — 2021. — Vol. 65, N 3. — P. 623–641.
5. Accuracy of CAD/CAM Digital Impressions with Different Intraoral Scanner Parameters / Chiu A, Chen YW, Hayashi J, Sadr A. // *Sensors (Basel)*. — 2020. — Vol. 20, N 4. — P. 1157.
6. Accuracy of an intraoral digital impression: A review / Aswani K, Wankhade S, Khalikar A, Deogade S // *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. — 2020. — Vol. 20, N 1. — P. 27–37.
7. Suese K. Progress in digital dentistry: the practical use of intraoral scanners // *Dental Materials Journal*. — 2020. — Vol. 39, N 1. — P. 52–56.
8. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review / Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, et al. // *Journal Prosthodontic Reserach*. — 2020. — Vol. 64, N 2. — P. 109–113.
9. Intraoral Scanners in Orthodontics / Christopoulou I, Kaklamanos EG, Makrygiannakis MA, Bitsanis I, Perlea P, Tsolakis AI. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. — 2022. — Vol. 19, N 3. — P. 1407.
10. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method / Nedelcu R., Olsson P., Nystrom I., Ryden J., Thor A // *Journal of Dentistry*. — 2018. — Vol. 69. — P. 110–118.
11. Ряховский А.Н., Костюкова В.В. Сравнительное лабораторное исследование результатов отображения границы препарирования культи зуба, полученных с помощью интраоральных сканеров // *Стоматология*. — 2016. — Т. 95, (5). — С. 39–46.
12. Жулев Е.Н., Вокулова Ю.А. Результаты изучения качества краевого прилегания каркасов из диоксида циркония, изготовленных с применением технологии внутриротового лазерного сканирования Itero Cadent в эксперименте // *Современные проблемы науки и образования*. — 2017(1)
13. Computerized Casts for Orthodontic Purpose Using Powder-Free Intraoral Scanners: Accuracy, Execution Time, and Patient Feedback / Sfondrini M.F., Gandini P., Malfatto M., Di Corato F., Trovati F., Scribante A // *Biomed. Research International*. — 2018. — Vol. 2018. — P. 9.
14. Accuracy of Digital Dental Implants Impression Taking with Intraoral Scanners Compared with Conventional Impression Techniques: A Systematic Review of In Vitro Studies / Albanchez-González MI, Brinkmann JC, Peláez-Rico J, López-Suárez C, Rodríguez-Alonso V, Suárez-García MJ // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. — 2022. — Vol. 19, N 4. — P. 2026.
15. Al Hamad K.Q., Al-Kaff F.T. Trueness of Intraoral Scanning of Edentulous Arches: A Comparative Clinical Study // *Journal of Prosthodontics*. — 2023. — Vol. 32. — P. 26–31.
16. Learning curve of digital intraoral scanning — an in vivo study / Roth I, Czigola A, Joos-Kovacs GL, Dalos M, Hermann P, Borbely J // *BMC Oral Health*. — 2020. — Vol. 20, N 1. — P. 287.
17. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors // *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. — 2023. — Vol. 35, N 1. — P. 230–240.
18. Gavounelis NA, Gogola CC, Halazonetis DJ. The Effect of Scanning Strategy on Intraoral Scanner's Accuracy // *Dental Journal (Basel)*. — 2022. — Vol. 10, N 7. — P. 123.
19. Oh K.C., Park J.M., Moon H.S. Effects of Scanning Strategy and Scanner Type on the Accuracy of Intraoral Scans: A New Approach for Assessing the Accuracy of Scanned Data. // *Journal Prosthodontics*. — 2020. — Vol. 29. — P. 518–523.
20. Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches-A Systematic Review / Srivastava G, Padhiary SK, Mohanty N, Molinero-Mourelle P, Chebib N // *Dental Journal (Basel)*. — 2023. — Vol. 11, N 10. — P. 241.
21. Edentulous Jaw Impression Techniques: An in Vivo Comparison of Trueness / Chebib N., Kalberer N., Srinivasan M., Maniewicz S., Perneger T., Müller F // *Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2019. — V. 121. — P. 623–630.
22. Full Arch Precision of Six Intraoral Scanners in Vitro / Osnes C.A., Wu J.H., Venezia P., Ferrari M., Keeling A.J // *Journal of Prosthodontics research*. — 2020. — Vol. 64. — P. 6–11.
23. Three-Dimensional Differences between Intraoral Scans and Conventional Impressions of Edentulous Jaws: A Clinical Study / Lo Russo L., Caradonna G., Troiano G., Salamini A., Guida L., Ciavarella D // *Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2020. — Vol. 123. — P. 264–268.
24. Comparison of Different Intraoral Scanning Techniques on the Completely Edentulous Maxilla: An in Vitro 3-Dimensional Comparative Analysis / Zaroni F., Ruggiero G., Ferrari M., Mangano F., Joda T., Sorrentino R // *Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2020. — Vol. 124. — P. 762.
25. Comparison of Different Impression Techniques for Edentulous Jaws Using Three-Dimensional Analysis / Jung S., Park C., Yang H.-S., Lim H.-P., Yun K.-D., Ying Z., Park S.-W // *Journal of Prosthetic Dentistry*. — 2019. — Vol. 11. — P. 179–186.
26. Accuracy of the Intraoral Scanner for Detection of Tooth Wear / Mitirattanakul S, Neoh SP, Chalarmchaichaloenkit J, et al. // *International dental journal*. — 2023. — Vol. 73, N 1. — P. 56–62.
27. Accuracy of the Intraoral Scanner for Detection of Tooth Wear / Mitirattanakul S, Neoh SP, Chalarmchaichaloenkit J, et al. // *International dental journal*. — 2023. — Vol. 73, N 1. — P. 56–62.

28. Application of the Intraoral Scanner in the Diagnosis of Dental Wear: An In Vivo Study of Tooth Wear Analysis / García VD, Freire Y, Fernández SD, Murillo BT, Sánchez MG // International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2022. — Vol. 19, N 8. — P. 4481.
 29. Intraoral digital implant scans: Parameters to improve accuracy / Revilla-León M, Lanis A, Yilmaz B, Kois JC, Gallucci GO // Journal Prosthodontical. — 2023. — Vol. 32, N 2. — P. 150–164.
 30. Accuracy of an intraoral scanner based on sleeve type, decontamination, and calibration / Struthers MW, Hoopes WL, Arnason SC, Sierra D, Vandewalle KS // General Dentistry. — 2023. — Vol. 71, N 4. — P. 48–53.
-

© Овчаренко Елена Николаевна (elena-ovcharenko17@rambler.ru); Зарединова Тамила Ремзиевна (2325iva@mail.ru);
Куртмулаева Лейля Назим кызы (turbolelik0220@gmail.com); Тасинов Абильсеит Эдемович (edemtasinov@gmail.com);
Тасинов Эскендер Эдемович (edem.tasinov@gmail.com); Раупова Рияна Ильясовна (riya02@bk.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»