

УДК 616.31-073.759

ББК 56.612.1.40.

Е.Н. ХРАМОВА, Е.Н. СИЛАНТЬЕВА, Г.Д. РУВИНСКАЯ, А.М. АЗАРИДИ

**СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ
В ДИАГНОСТИКЕ КАРИЕСА ЗУБОВ**

Ключевые слова: интраоральный сканер, кариес на контактной поверхности, диагностика кариеса, Shining 3D, 3D-рентгенография.

Интраоральный сканер (IOS) – это современное устройство для сканирования полости рта, которое применяется в различных областях стоматологии, чаще всего для создания цифровых слепков. В то же время для диагностики кариеса зубов этот метод используется редко.

Цель исследования – оценка диагностической эффективности 3D-сканирования, сравнение с данными 3D-рентгенографии и клинического обследования при «скрытом» кариесе на контактных поверхностях зубов.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 20 человек в возрасте от 16 до 18 лет. Все пациенты прошли клиническое стоматологическое обследование по общепринятым методикам с заполнением карты обследования стоматологического больного № 043/у, 3D-рентгенографию челюстно-лицевой области и 3D-сканирование зубных рядов. Результаты исследования были подтверждены статистической обработкой данных методом вариационной статистики с подсчетом критерия Стьюдента.

Результаты. Наличие скрытых процессов на контактной поверхности зуба можно диагностировать с помощью рентгенографии или сканирования в 90% случаев, в то время как при визуальном осмотре только в 60% ($p > 0,5$). 3D-сканирование также позволяет установить факт наличия «скрытого» кариозного поражения зубов в большем проценте случаев по сравнению с визуальным клиническим осмотром и зондированием поверхности коронки зуба.

Выводы. Выявлены высокая диагностическая эффективность 3D-сканирования и 3D-рентгенографии по сравнению с клиническим обследованием при определении «скрытого» кариеса на контактных поверхностях зубов ($p < 0,5$) и одинаковая результативность цифровых методов обследования в данном случае ($p > 0,5$). Применение 3D-сканирования имеет преимущества в тех случаях, когда другие дополнительные методы обследования, в частности рентгенография, противопоказаны или их невозможно выполнить технически.

Введение. С развитием компьютерных технологий у стоматологов появилась возможность значительно улучшить качество своих услуг, применяя новейшие разработки в данной области. В первую очередь речь идет о внедрении в лечебный процесс трехмерного моделирования.

Часто пациенты, обращающиеся за стоматологической помощью, имеют неверное представление об имеющихся у них проблемах в полости рта. Именно благодаря 3D-сканерам пациент и врач могут наблюдать за состоянием зубочелюстной системы и за наиболее труднодоступными участками ротовой полости в реальном времени на мониторе компьютера [5]. Вовлеченный в диагностический и лечебный процесс пациент более четко формулирует свои пожелания, прислушивается к рекомендациям врача и выполняет его требования, а врач имеет возможность провести быструю, более качественную диагностику, определить наиболее оптимальный, максимально индивидуализированный план лечения [2].

Интраоральный сканер (IOS) – это современное устройство для сканирования ротовой полости, которое применяется для создания цифровых слепков в стоматологии [2].

Стоматолог помещает прибор в ротовую полость пациента, направляет свет на необходимый зуб, участок челюсти или зубной ряд, после чего световой

сигнал передается на компьютер. Световой сигнал при этом трансформируется в объемное 3D-изображение и позволяет на мониторе увидеть труднодоступные участки ротовой полости в реальном времени [1, 3].

Основной принцип работы заключается в построении изображений, полученных фото- или видеокамерой с различных ракурсов единого объемного изображения. Данный процесс обеспечивается работой сканирующей головки и программного обеспечения, обрабатывающего определенное количество снимков [6]. В результате быстрого преобразования на экране появляется 3D-изображение ротовой полости пациента или ее части.

На рынке представлено большое количество различных сканеров. Наиболее распространенными являются сканеры линейки CAD/CAM, «TRIOS 4», «Aoralscan 3», «CEREC Primescan» и др.

На сегодняшний день последний разработанный сканер, входящий в линейку CAD/CAM системы (цифровой методики, автоматизирующей процесс создания зубных протезов и цифровых слепков благодаря использованию 3D-сканеров) фирмы Dentsply Sirona, – это сканер CEREC Primescan (Dentsply Sirona, Германия). Высокопроизводительный интраоральный сканер в комплекте с блоком для съемки образуют высокоэффективную и максимально удобную систему, которая соответствует высоким требованиям благодаря двум конфигурациям программного обеспечения.

Блок для съемки Primescan AC с программным обеспечением Connect позволяет взаимодействовать с выбранной лабораторией и впоследствии передавать данные, а блок для съемки CEREC Primescan – изготавливать керамические реставрации у кресла пациента за одно посещение. Инновационный интеллектуальный датчик Smart Pixel Sensor обрабатывает более миллиона 3D-координат в секунду, что позволяет получить фотореалистичные и высокоточные слепки.

Primescan обладает функцией автоподогрева, что обеспечивает сканирование без запотевания. Расширенное поле сканирования позволяет визуализировать большие области с меньшим количеством проходов и высокой точностью [6].

Внутриротовой сканер со встроенной интраоральной камерой – TRIOS 4 (3Share, Дания) имеет функцию определения цвета, с помощью которой во время сканирования можно быстро и легко получить цветные 3D-слепки. Помимо этого, это первый в мире интраоральный сканер с цифровой детекцией возможного поверхностного и межпроксимального кариеса, позволяет также проводить сравнение с более ранним снимком, чтобы визуально определить потенциальные изменения. С помощью специальных насадок можно продемонстрировать пациенту наличие межпроксимального кариеса и оказать своевременное лечение. Система RealColor™ позволяет получить высококачественные цифровые слепки в естественных цветах для улучшения диагностики и общения с пациентом [2].

Aoralscan 3 Shining 3D Aoralscan 3 (Китай) – интраоральный 3D-сканер – предлагает высокую скорость и точность при сканировании, оснащен функциями искусственного интеллекта и имеет эргономичный дизайн, специально подобранный для ручной работы. Aoralscan 3 разработан для сканирования внутриротовой полости и создания трехмерных цифровых слепков в стоматологии с помощью CAD-программ. Результаты сканирования используются для построения объемных моделей имплантатов, бюгельных протезов, дентальных хирургических шаблонов, ортодонтических изделий с целью их последующей печати на 3D-принтерах [6].

Применение сканеров делает удобной и эффективной связь между лабораториями и стоматологическими клиниками, экономится время, повышается уровень эстетических и реставрационных процедур.

Целью исследования явилась оценка диагностической эффективности 3D-сканирования, сравнение ее с данными 3D-рентгенографии и клинического осмотра при «скрытом» кариесе на контактных поверхностях зубов.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 20 человек в возрасте от 16 до 18 лет. Все пациенты прошли клиническое стоматологическое обследование по общепринятым методикам с заполнением карты обследования стоматологического больного № 043/у.

Всем участникам исследования с целью определения наличия или отсутствия «скрытых» кариозных полостей на контактных поверхностях зубов проведены 3D-рентгенография, а также 3D-сканирование зубных рядов.

Каждому обследованному присвоен номер объекта исследования для сохранения конфиденциальности, данные были выкопированы из амбулаторных карт стоматологических больных.

Всем пациентам в качестве стартовых мер выполнялись профессиональная гигиена полости рта и контролируемая чистка зубов, проводилось обучение индивидуальной гигиене полости рта с подбором средств и методов.

Критерии для необходимого анализа и составления объективной статистики:

- 1) возраст пациента (от 16 до 18 лет включительно);
- 2) методика 3D-сканирования (сканирование полной зубной дуги по квадрантам, начиная с 1 квадранта);
- 3) клинический успех (подтверждение наличия или отсутствия кариеса как клинически, на 3D-скане, так и на 3D-рентгенограмме).

Для исследования был использован 3D-сканер: Shining 3D Aoralscan 3 (Китай) и программа 3D-диагностики: Ez3D-i бренда Vatech (модель: PHT-35LHS, версия: 1.30) на рентгеновском дентальном цифровом панорамном аппарате Smart Plus.

Анализ рентгеновских снимков был осуществлен с помощью программы ImageJ.

Статистическая обработка данных выполнена методом вариационной статистики с подсчетом критерия Стьюдента, уровня значимости и значимых различий. Результат оценивался как достоверный при значении показателя ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение. На основе анализа данных литературных источников была составлена таблица «Сравнительная характеристика интраоральных сканеров» (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика интраоральных сканеров

Критерии сравнения	Название сканера		
	CEREC Primescan (Dentsply Sirona, Германия)	TRIOS 4 (3Shape, Дания)	Shining 3D Aoralscan 3 (Китай)
Скорость сканирования	5/5 (50 тыс. изображений за секунду)	5/5 (40 тыс. изображений за секунду)	4/5 (15 тыс. изображений в секунду)
Качество сканирования	5/5 (точность до 2,5 ± 0,9 мкм)	4,5/5 (точность до 6,9 ± 0,9 мкм)	4/5 (точность до 10 ± 0,9 мкм)
Вес рабочей части, г	400	300	240
Простота использования	5/5	4,5/5	5/5
Цена, руб.	2 900 000	1 500 000	820 000
Наличие платного обслуживания	-/+	+	+
Наличие сенсорного экрана	+	+	+
Беспроводной сканер	-	+	+
Обнаружение кариеса	-	+	+
Наличие в ПО функции CAD	+	+	+

Примечание. Табл. 1 составлена авторами на основании [4].

Из табл. 1 следует, что все интраоральные сканеры имеют свои преимущества и недостатки. Несомненным плюсом таких сканеров является наличие у них функции определения кариеса, беспроводное соединение и малые размеры сканера, что выделяется Shining 3D Aoralscan 3 на рынке производителей. Используя интраоральные сканеры, можно быстро и точно получить цифровые слепки, а также оценить состояние зубочелюстной системы непосредственно на приеме пациента [3].

В качестве примера приводим выписку из амбулаторной карты стоматологического больного № 043/у.

Описание клинического случая. Пациентка № 7, 17 лет, предъявляет жалобы на быстропроходящую боль от сладкой пищи и холодных раздражителей в течение полугода. Пациентку также беспокоят изменения в цвете зуба 4.6.

Объективно: Лицо симметрично, без патологических изменений, кожные покровы физиологической окраски, лимфатические узлы не увеличены, безболезненные, неспаянные с окружающими тканями и между собой. Открывание рта прямое, безболезненное на 4,5 см, без щелчков. Состояние красной каймы губ соответствует норме. Слизистая оболочка рта бледно-розового цвета, умеренно увлажнена, без патологических изменений. Глубина преддверия полости рта – 6 мм, соответствует норме. Уздечки верхней и нижней губ прикреплены на расстоянии 5 мм от вершины межзубного сосочка. Прикус ортогнатический.

При проведении 3D-сканирования зуб 4.6 изменен в цвете, наблюдается наличие кариозного поражения на контактной мезиодистальной поверхности (рис. 1), в то время как клиническое обследование не позволило диагностировать патологический процесс.

При 3D-рентгенографии имеется наличие кариеса на контактной мезиодистальной поверхности в пределах эмали и верхних слоев дентина (рис. 2).



Рис. 1. 3D-скан зуба 4.6



Рис. 2. 3D-рентгенограмма зуба 4.6

Результаты проведения 20 пациентам профессиональной гигиены полости рта, 3D-сканирования зубных рядов и 3D-рентгенографии челюстно-лицевой области представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты, полученные во время исследования

Статистические показатели	Методы диагностики		
	Клиническое обследование	3D-рентгенография	3D-сканирование
Доля единиц, имеющих данный признак, %	60%***	90%*	90%**
Средняя ошибка относительного показателя, <i>m</i>	±11,24	±6,88	±6,88

Примечание. * – достоверные различия между результатами клинического обследования и 3D-рентгенографии; ** – достоверные различия между результатами клинического обследования и 3D-сканирования.

При проведении визуального осмотра контактных поверхностей кариес в зубе 4.6 был обнаружен у 12 пациентов, а при 3D-сканировании и 3D-рентгенографии достоверно чаще – у 18 больных ($p < 0,05$).

При проведении клинического обследования (визуального осмотра, зондирования и т.д.) и с помощью рентгенографии удастся оценить глубину кариозного процесса, в то время как при 3D-сканировании имеется возможность только подтвердить или опровергнуть наличие «скрытого» кариеса на контактных поверхностях зубов, без учета глубины поражения.

Выводы. Современные интраоральные 3D-сканеры очень схожи по характеристикам и свойствам. С их помощью можно избежать проблем на этапе диагностики и планирования стоматологического лечения, а также продемонстрировать пациенту состояние его зубочелюстной системы.

Для внутриротового сканирования наиболее оптимальной является методика сканирования полной зубной дуги, основанная на делении челюсти на квадранты.

При сравнении диагностической эффективности цифровых методов установлено отсутствие достоверных различий 3D-сканирования и 3D-рентгенографии, что свидетельствует об их одинаковой результативности при определении «скрытого» кариеса на контактных поверхностях постоянных зубов ($p < 0,5$).

В ходе исследований выявлена достоверно высокая диагностическая успешность 3D-сканирования и 3D-рентгенографии по сравнению с клиническим обследованием при определении «скрытого» кариеса на контактных поверхностях зубов ($p < 0,5$).

Применение 3D-сканирования имеет преимущества в тех случаях, когда другие дополнительные методы обследования, в частности рентгенография, противопоказаны или их невозможно выполнить технически.

3D-сканирование позволяет установить факт наличия «скрытого» кариозного поражения контактных поверхностей постоянных зубов в большем проценте случаев по сравнению с визуальным клиническим обследованием, что указывает на его достоверные диагностические преимущества ($p < 0,05$). Однако 3D-сканирование не дает представление о глубине поражения коронки зуба кариозным процессом, и это делает его менее информативным по сравнению с клиническим обследованием и рентгенографией.

Литература

1. Алымбаев Р.С., Абдышев Т.К. Ортопедическое лечение с использованием компьютерной технологии CAD-CAM // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2016. № 3. С. 9–11.
2. Апресян С.В. Комплексное цифровое планирование стоматологического лечения. М.: Мозартика, 2020. 396 с.
3. Имангалиева Б.М., Уажанов М.У. Менеджмент в стоматологии с применением современных цифровых инструментов // Медицинские науки. 2024. № 31(3). С. 5–9.
4. Кулик А.В., Бетехтина К.В. Использование цифрового протокола в ортопедической стоматологии // Вестник науки. 2024. Т. 3, № 12(81). С. 1861–1865.
5. Наумович С.С., Разоренов А.Н. CAD/CAM системы в стоматологии: современное состояние и перспективы развития // Современная стоматология. 2016. № 4. С. 2–9.
6. Сравнение методик внутриротового сканирования / М.Ю. Саакян, Н.А. Алексеева, А.В. Якунина, И.И. Барышев // Медицинский альманах. 2023. № 4(77). С. 97–104.

ХРАМОВА ЕКАТЕРИНА НИКОЛАЕВНА – ассистент кафедры стоматологии и имплантологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Казань (katya.khramova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0452-7116>).

СИЛАНТЬЕВА ЕЛЕНА НИКОЛАЕВНА – кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапевтической, детской стоматологии и ортодонтии, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования; доцент кафедры стоматологии и имплантологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Казань (elenasilantjeva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2701-6374>).

РУВИНСКАЯ ГУЗЕЛЬ РЕНАДОВНА – кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапевтической, детской стоматологии и ортодонтии, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования; доцент кафедры стоматологии и имплантологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Казань (guzelrurv@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4995-8757>).

АЗАРИДИ АДЕЛИНА МАРАТОВНА – ассистент кафедры стоматологии и имплантологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Казань (Dr.Azari@bk.ru; ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-9543-3310>).

Ekaterina N. KHRAMOVA, Elena N. SILANTYEVA,
Guzel R. RUVINSKAYA, Adelina M. AZARIDI

MODERN DIGITAL METHODS IN THE DIAGNOSIS OF DENTAL CARIES

Key words: *intraoral scanner, caries on the contact surface, caries diagnosis, Shining 3D, 3D X-ray.*

An intraoral scanner (IOS) is a modern device for scanning the oral cavity, which is used in various fields of dentistry, most often to make digital impressions. At the same time, this method is rarely used to diagnose dental caries.

The purpose of the study is to evaluate the diagnostic effectiveness of 3D scanning, compare it with 3D radiography and clinical examination data for "hidden" caries on the contact dental surfaces.

Materials and methods. The study involved 20 persons aged from 16 to 18. All patients underwent clinical dental examination according to generally accepted methods with filling out the examination card of a dental patient №043/u, 3D-radiography of the maxillofacial region and 3D-scanning of the dentition. The results of the study were confirmed by statistical data processing using the method of variation statistics with the calculation of the Student's criterion.

Results. The presence of hidden processes on the contact dental surface can be diagnosed using radiography or scanning in 90% of cases, while visual examination can detect them only in 60% ($p > 0.5$). 3D-scanning also makes it possible to establish the presence of a "hidden" carious dental lesion in a higher percentage of cases compared to a visual clinical examination and probing of the dental crown surface.

Conclusions. A high diagnostic efficiency of 3D-scanning and 3D-radiography compared with clinical examination in determining "latent" caries on contact dental surfaces ($p < 0.5$) and the same effectiveness of digital examination methods in this case ($p > 0.5$) were revealed. The use of 3D-scanning has advantages in cases where other additional examination methods, in particular radiography, are contraindicated or technically impossible to perform.

References

1. Alymbaev R.S., Abdyshev T.K. *Ortopedicheskoe lechenie s ispol'zovaniem komp'yuternoi tekhnologii CAD-CAM* [Comprehensive digital planning of dental treatment]. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiiskogo slavyanskogo universiteta*, 2016, no. 3, pp. 9–11.
2. Apresyan S.V. *Kompleksnoe tsifrovoe planirovanie stomatologicheskogo lecheniya* [Comprehensive digital planning of dental treatment]. Moscow, Mozartika Publ., 2020, 396 p.
3. Imangalieva B.M., Uazhanov M.U. *Menedzhment v stomatologii c primeneniem sovremennykh tsifrovyykh instrumentov* [Management in dentistry using modern digital tools]. *Meditsinskie Nauki* [Medical Sciences], 2024, no. 31(3), pp. 5–9.
4. Kulik A.V., Betekhtina K.V. *Ispol'zovanie tsifrovogo protokola v ortopedicheskoi stomatologii* [Using digital protocol in orthopedic dentistry]. *Vestnik nauki*, 2024, vol. 3, no. 12(81), pp. 1861–1865.

5. Naumovich C.C., Razorenov A.N. *CAD/CAM системы в стоматологии: современное состояние и перспективы развития* [CAD/CAM systems in dentistry: current state and development prospects]. *Sovremennaya stomatologiya*, 2016, no. 4, pp. 2–9.

6. Saakyan M.Yu., Alekseeva N.A., Yakunina A.V., Baryshev I.I. *Sravnenie metodik vnutrirotovogo skanirovaniya* [Comparison of intraoral scanning techniques]. *Meditinskii al'manakh*, 2023, no. 4(77), pp. 97–104.

EKATERINA N. KHRAMOVA – Assistant Lecturer, Department of Dentistry and Implantology, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia, Kazan (katya.khramova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0452-7116>).

ELENA N. SILANTYEVA – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Therapeutic, Pediatric Dentistry and Orthodontics, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Associate Professor, Department of Dentistry and Implantology, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia, Kazan (elenasilantjeva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2701-6374>).

GUZEL R. RUVINSKAYA – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Therapeutic, Pediatric Dentistry and Orthodontics, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Associate Professor, Department of Dentistry and Implantology, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia, Kazan (guzelruv@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4995-8757>).

ADELINA M. AZARIDI – Assistant Lecturer, Department of Dentistry and Implantology, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia, Kazan (Dr.Azari@bk.ru; ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-9543-3310>).

Формат цитирования: Современные цифровые методы в диагностике кариеса зубов / Е.Н. Храмова, Е.Н. Силантьева, Г.Д. Рувинская, А.М. Азариди // Acta medica Eurasica. 2025. № 1. С. 35–41. URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2025/1/5>. DOI: 10.47026/2413-4864-2025-1-35-41.