

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ
ИНТРАОРАЛЬНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ
РЕАБИЛИТАЦИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ
НЕСЪЁМНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Закирова Малика Рустамовна

ординатор 1-го года кафедры ортопедической стоматологии

*Ташкентский медицинский университет (ТМУ), г. Ташкент, Республика
Узбекистан*

Абдуллаева Нигина Сирожиддиновна

ординатор 1-го года кафедры ортопедической стоматологии

*Ташкентский медицинский университет (ТМУ), г. Ташкент, Республика
Узбекистан*

Абдузохидова Сабина Ботир кизи

ординатор 1-го года кафедры ортопедической стоматологии

*Ташкентский медицинский университет (ТМУ), г. Ташкент, Республика
Узбекистан*

Ташпулатова Камилла Маратовна

PhD, Ассистент кафедры госпитальной ортопедической стоматологии

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Развитие цифровой стоматологии закономерно расширяет спектр методов диагностики и планирования ортопедического лечения. Одним из наиболее востребованных инструментов цифрового протокола является интраоральный сканер, применение которого позволяет получать оптические оттиски и моделировать изменения зубочелюстной

системы пациента в цифровой среде. Несмотря на растущий интерес специалистов к данной технологии, в литературе отсутствует единое мнение о степени её преимущества перед традиционными аналоговыми методами получения оттисков при изготовлении несъёмных ортопедических конструкций.

Цель обзора — проанализировать и обобщить данные современной научной литературы о распространённости, клинической эффективности и ограничениях применения технологий интраорального сканирования в процессе ортопедической реабилитации пациентов несъёмными конструкциями.

Материалы и методы. Проведён анализ отечественных и зарубежных научных публикаций за период 2014–2024 гг., посвящённых применению цифровых технологий получения оттисков в ортопедической стоматологии.

Результаты. Установлено, что доля врачей-стоматологов, использующих интраоральные сканеры в клинической практике, устойчиво растёт: если в 2017 г. этот показатель не превышал 9%, то в исследованиях 2022–2024 гг. он достигал 53–78,8% среди опрошенных специалистов. Наибольшую активность в применении технологии демонстрируют врачи ортопедического и ортодонтического профиля. Цифровые оттиски ассоциированы с более высокой точностью краевого прилегания цельнокерамических конструкций и лучшей переносимостью процедуры пациентами по сравнению с эластомерными оттисками, хотя по ряду

параметров (скорость получения оттиска, окклюзионная точность) данные остаются противоречивыми. Внедрение интраорального сканирования сопровождается изменением структуры спроса на ортопедические конструкции с увеличением доли цельнокерамических и циркониевых работ.

Выводы. Технологии интраорального сканирования демонстрируют устойчивую тенденцию к расширению применения в ортопедической стоматологии, однако вопрос полноценной замены аналоговых протоколов, в особенности при изготовлении металлокерамических конструкций, требует дальнейшего клинического изучения.

Ключевые слова: интраоральное сканирование, цифровая стоматология, ортопедическая реабилитация, несъёмные конструкции, цельнокерамические конструкции, цифровой оттиск.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация стоматологии на сегодняшний день охватывает практически все этапы ортопедической реабилитации пациентов — от первичной диагностики до изготовления и фиксации готовой конструкции. Одним из ключевых элементов цифрового протокола выступает интраоральный сканер, позволяющий получать оптический оттиск зубного ряда без использования традиционных эластомерных материалов. Получаемые данные могут применяться не только для непосредственного изготовления ортопедических конструкций, но и для предварительного моделирования результата лечения, согласования плана вмешательства с

пациентом, а также — в сочетании с алгоритмами искусственного интеллекта — для автоматизированной диагностики патологии твёрдых тканей зубов и слизистой оболочки полости рта [3, 4].

Ранние опросы демонстрировали крайне ограниченное распространение технологии: по данным сетевого исследования 2017 г., охватившего 1777 стоматологов, лишь 9% респондентов использовали цифровое сканирование для получения оттисков, тогда как подавляющее большинство (77%) продолжали применять поливинилсилоксановые материалы [5]. Схожая картина была получена и среди частнопрактикующих врачей: только 19,1% из них отдавали предпочтение оптическим оттискам, тогда как 78,2% использовали двухэтапную эластомерную методику [6]. Основным барьером внедрения технологии специалисты называли её высокую стоимость: при информированности 58% из 500 опрошенных стоматологов о возможностях интраорального сканирования, 43,5% так и не применяли его в собственной практике [7]. При этом ретроспективный анализ рынка за 2018–2024 гг. фиксирует последовательное снижение стоимости оборудования при одновременном расширении ассортимента доступных моделей сканеров [8–13].

Указанные обстоятельства делают целесообразным обобщение накопленных к настоящему времени данных о клинической результативности и перспективах применения интраорального сканирования именно в контексте ортопедической реабилитации пациентов несъёмными конструкциями.

ЦЕЛЬ ОБЗОРА

Проанализировать и систематизировать данные современной научной литературы о распространённости, точности и клинической эффективности технологий интраорального сканирования в процессе ортопедической реабилитации стоматологических пациентов несъёмными конструкциями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для подготовки обзора проведён поиск и анализ публикаций отечественных и зарубежных авторов за период 2014–2024 гг., посвящённых применению цифровых технологий получения оттисков и их сопоставлению с традиционными аналоговыми методами в ортопедической стоматологии. В обзор включены результаты опросов практикующих врачей, систематических обзоров, метаанализов и отдельных клинических исследований, отражающих различные аспекты применения интраорального сканирования — от частоты использования технологии до точности изготовленных на её основе конструкций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика распространённости интраорального сканирования в клинической практике

Более поздние исследования, проведённые в 2022–2024 гг., свидетельствуют о заметном росте вовлечённости врачей в использование цифровых технологий получения оттисков. Так, по данным опроса группы экспертов клинической оценки Американской стоматологической

ассоциации, среди 369 респондентов 53% подтвердили регулярное применение интраорального сканера, а свыше 90% отметили его целевое использование при изготовлении единичных ортопедических конструкций [14, 15]. Турецкое исследование Topsakal K.G. и соавт. показало ещё более высокий уровень внедрения технологии — 69,2% опрошенных стоматологов, при этом наиболее активными пользователями сканера оказались врачи-ортопеды (76,6%) и ортодонты (52,1%) [16]. Транснациональный опрос 2023 г., охвативший 1072 стоматолога, зафиксировал использование интраорального сканера у 78,8% респондентов, при среднем количестве имеющихся в клинике аппаратов $1,5 \pm 0,9$ на одного специалиста [17].

Отдельного внимания заслуживают данные об относительной лёгкости освоения технологии: по результатам опроса студентов-стоматологов и практикующих врачей, навык получения цифрового оттиска формируется быстрее, чем навык качественного получения эластомерного оттиска [18]. Это обстоятельство представляется особенно значимым для врачей на этапе последиplomной подготовки, поскольку снижает временные затраты на освоение метода. Данные о распространённости интраорального сканирования непосредственно в клинической практике Узбекистана и других стран Центральной Азии в доступной литературе представлены ограниченно, что обосновывает целесообразность проведения соответствующих локальных исследований.

Точность и клиническая результативность цифровых оттисков

Метаанализ, посвящённый сопоставлению цифровых и аналоговых протоколов при изготовлении несъёмных ортопедических конструкций, показал, что цифровые оттиски обеспечивают более высокую точность позиционирования готовой конструкции независимо от метода её изготовления, однако авторы подчёркивают, что большинство включённых данных получено в условиях лабораторных, а не клинических исследований [22]. При оценке клинически значимых параметров цельнокерамических коронок, изготовленных по цифровым оттискам, отмечены более высокие показатели краевого прилегания и более плотный контакт с соседними зубами; вместе с тем статистически значимых различий по окклюзионным контактам и уровню первичной ретенции между коронками из дисиликата лития, изготовленными цифровым и аналоговым способом, установлено не было [23].

Систематический обзор Bessadet M. и соавт. (2024) подтвердил, что применение цифровых технологий в целом сокращает продолжительность ортопедической реабилитации, преимущественно за счёт этапов, выполняемых в зуботехнической лаборатории; при этом продолжительность самого этапа получения оттиска, а также время, необходимое для коррекции параметров готовой конструкции, могут существенно варьировать в зависимости от сложности клинической ситуации [13].

Комфорт пациента и временные затраты

Ряд клинических исследований демонстрирует более высокую субъективную переносимость цифровых оттисков пациентами по сравнению с традиционными эластомерными материалами, что связывают с меньшим уровнем дискомфорта и болевых ощущений в процессе процедуры [24, 25]. Сетевой метаанализ Sivaramakrishnan G. и соавт. (2020), обобщивший результаты четырнадцати исследований, также подтвердил более высокий уровень предпочтения пациентами цифровых оттисков, однако выявил, что суммарное время получения оптического оттиска зачастую превышает время получения аналогового — данный результат авторы связывают с уровнем развития сканирующего оборудования, доступного на момент проведения включённых исследований [26].

Изменение структуры спроса на ортопедические конструкции

Расширение применения интраорального сканирования и его включение в полностью цифровые протоколы реабилитации сопровождается изменением предпочтений врачей в пользу конструкций, изготовление которых максимально совместимо с CAD/CAM-технологиями, — прежде всего цельнокерамических и цельноциркониевых изделий, — при одновременном сокращении доли металлокерамических коронок и мостовидных протезов, изготавливаемых по традиционной аналоговой методике [27–31]. Данная тенденция подтверждается сразу несколькими независимыми исследованиями, проведёнными в различных странах, что указывает на её универсальный, а не локальный характер.

Ограничения технологии и источники погрешностей

Несмотря на подтверждённую точность метода, ряд авторов указывает на факторы, способные негативно влиять на качество получаемого цифрового оттиска: протяжённое сканирование беззубых участков и выраженная адентия [32–34], регистрация статических окклюзионных соотношений при подвижности зубов и тяжёлых формах пародонтита, глубокое расположение края препарирования опорных зубов, недостаточная ретракция мягких тканей, а также нарушение рекомендованного производителем протокола сканирования [35–38]. Отдельную проблему представляют так называемые гибридные протоколы реабилитации, сочетающие цифровые и аналоговые этапы (например, отливку моделей и ручное нанесение керамической массы на металлический каркас) — на стыке этих этапов существует повышенный риск накопления ошибок, способных впоследствии сказаться на точности прилегания готовой конструкции [39].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современной научной литературы свидетельствует об устойчивой тенденции к расширению применения технологий интраорального сканирования в клинической стоматологической практике и, в частности, в процессе ортопедической реабилитации пациентов несъёмными конструкциями. Рост вовлечённости цифровых методов сопровождается изменением структуры спроса на ортопедические конструкции в пользу цельнокерамических и цирконий-содержащих изделий,

а также демонстрирует преимущества в отношении точности краевого прилегания и субъективной переносимости процедуры пациентами.

Вместе с тем в литературе не сформирован единый консенсус относительно целесообразности полного перехода на цифровой протокол при изготовлении конструкций, традиционно выполняемых аналоговым способом, — в первую очередь металлокерамических. Открытыми остаются вопросы адаптации цифрового подхода к данному виду реставраций, оценки экономической целесообразности такого перехода, а также его влияния на организацию потока пациентов в условиях реальной клинической практики, в том числе в системе здравоохранения Узбекистана.

Перспективы дальнейших исследований

Представляется целесообразным проведение проспективных клинических исследований, направленных на сопоставление эффективности цифровых и аналоговых протоколов изготовления металлокерамических конструкций, а также на оценку распространённости и особенностей внедрения технологий интраорального сканирования в клиниках ортопедической стоматологии Узбекистана.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krasnokutsky O., Hasiuk P., Goncharuk-Khomyn M. Analysis of the gingival recession prevalence among dental patients considering associated age-related, iatrogenic and pathological changes of dental status // Ukrainian Dental Almanac. – 2022. – №1. – P. 12–19.
2. Fastovets O.O., Kotelevskiy R.A., Huriev Y.S., Kobylak S.S. Occlusal trauma of implant-supported metal-ceramic crown: a case report // Wiadomości Lekarskie. – 2020. – Vol. 73, №2. – P. 371–374.
3. Angelone F., Ponsiglione A.M., Ricciardi C. et al. Diagnostic applications of intraoral scanners: A systematic review // Journal of Imaging. – 2023. – Vol. 9, №7. – P. 134.
4. Eggmann F., Blatz M.B. Recent Advances in Intraoral Scanners // Journal of Dental Research. – 2024. – Vol. 0, №0.
5. McCracken M.S., Litaker M.S., George A.J. et al. Impression evaluation and laboratory use for single-unit crowns: Findings from The National Dental Practice-Based Research Network // The Journal of the American Dental Association. – 2017. – Vol. 148, №11. – P. 788–796.
6. Mesbahi Nadia, Rhilane Laila, Al Jalil Zineb et al. Impression Materials Used in Fixed Dental Prosthesis: A Study within Private Practice Dentists in Casablanca, Morocco // OALib. – 2024. – Vol. 11. – P. 1–8.
7. Alqahtani S.M., Chaturvedi S., Alahmari M.A. et al. Digital impression (intraoral scanners) and factors affecting its accuracy // BMC Oral Health. – 2024. – Vol. 24, №1. – P. 1323.
8. Sacher M., Schulz G., Deyhle H. et al. Accuracy of commercial intraoral scanners // Journal of Medical Imaging. – 2021. – Vol. 8, №3. – P. 035501.

9. Al-Hassiny A. A Review of Intraoral Scanners: Considerations When Making Investment Decisions // Compendium of Continuing Education in Dentistry. – 2021. – Vol. 42, №10.
10. Yanishen I.V., Tkachenko I.M., Skrypnikov P.M., Hasiuk P.A. Wear resistance of dental materials which are used for anterior teeth restorations // Wiadomosci Lekarskie. – 2020. – Vol. 73, №8. – P. 1677–1680.
11. Otake R., Kanazawa M., Iwaki M. et al. Patient-reported outcome and cost-effectiveness analysis of milled and conventionally fabricated complete dentures in a university clinic // The Journal of Prosthetic Dentistry. – 2024. – Vol. 131, №2. – P. 227–232.
12. Resnick C.M., Doyle M., Calabrese C.E. et al. Is it cost effective to add an intraoral scanner to an oral and maxillofacial surgery practice? // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2019. – Vol. 77, №8. – P. 1687–1694.
13. Bessadet M., Drancourt N., El Osta N. Time efficiency and cost analysis between digital and conventional workflows for the fabrication of fixed dental prostheses: A systematic review // Journal of Prosthetic Dentistry. – 2024.
14. Revilla-León M., Kois D.E., Kois J.C. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors // Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. – 2023. – Vol. 35, №1. – P. 230–240.
15. Revilla-León M., Kois D.E., Kois J.C. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 2: Patient factors // Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. – 2023. – Vol. 35, №1. – P. 241–249.
16. Topsakal K.G., Gökmen Ş., Mısır S.E. et al. Evaluation of the usage prevalence and knowledge levels of the dentists about oral scanners and 3D printers // Sağlık Bilimleri Dergisi. – 2023. – Vol. 32, №2. – P. 156–163.

17. Al-Hassiny A., Végh D., Bányai D. et al. User experience of intraoral scanners in dentistry: Transnational questionnaire study // International Dental Journal. – 2023. – Vol. 73, №5. – P. 754–759.
18. Bilir H., Ayguzen C. Comparison of digital and conventional impression methods by preclinical students // Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry. – 2020. – Vol. 10, №4. – P. 402–409.
19. Goncharuk-Khomyn M., Krasnokutsky O., Boichuk M. et al. Spontaneous Recession Repair after Orthodontic Treatment // Case Reports in Dentistry. – 2023. – Vol. 2023. – Art. 1831125.
20. Korol D.M., Toncheva K.D., Kindiy D.D. Photogrammetric method of obtaining a diagnostic 3D model of the jaw // Ukrainian Dental Almanac. – 2023. – №1. – P. 37–40.
21. Hasiuk P., Kindiy D., Radchuk V. et al. Biological compatibility of metal structures of dentures made from multiple melted alloys // Polski Merkuriusz Lekarski. – 2022. – Vol. 50, №296. – P. 114–117.
22. Chochlidakis K.M., Papaspyridakos P., Geminiani A. et al. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis // The Journal of Prosthetic Dentistry. – 2016. – Vol. 116, №2. – P. 184–190.
23. Berrendero S., Salido M.P., Ferreiroa A. et al. Comparative study of all-ceramic crowns obtained from conventional and digital impressions: clinical findings // Clinical Oral Investigations. – 2019. – Vol. 23. – P. 1745–1751.
24. Pereira A.L.C., Medeiros V.R., Campos et al. Conventional and digital impressions for complete-arch implant-supported fixed prostheses // The Journal of Advanced Prosthodontics. – 2022. – Vol. 14, №4. – P. 212.

25. Kunavisarut C., Jarangkul W., Pornprasertsuk-Damrongsri S., Joda T. Patient-reported outcome measures (PROMs) comparing digital and conventional workflows // Journal of Dentistry. – 2022. – Vol. 117. – P. 103875.
26. Sivaramakrishnan G., Alsobaiei M., Sridharan K. Patient preference and operating time for digital versus conventional impressions: a network meta-analysis // Australian Dental Journal. – 2020. – Vol. 65, №1. – P. 58–69.
27. Christensen G.J. Is the rush to all-ceramic crowns justified? // The Journal of the American Dental Association. – 2014. – Vol. 145, №2. – P. 192–194.
28. Pisal S., Gaikwad A., Shashikiran N.D. et al. Material of Choice for Tooth-Supported Single Crowns // Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities. – 2023. – Vol. 6, №3s. – P. 767–774.
29. Robaian A., Alotaibi N.M., Allaboon A.K. et al. Factors Influencing Dentists' Choice of Restorative Materials for Single-Tooth Crowns // Medical Science Monitor. – 2024. – Vol. 30. – e942723.
30. Hasiuk P., Ramus M., Vorobets A. et al. Comparative evaluation of histotoxicity indicators of metal alloys for the manufacture of metal ceramic dental constructions // Wiadomości Lekarskie. – 2021. – Vol. 74, №9 (cz.1). – P. 2100–2104.
31. Rauch A., Schrock A., Schierz O., Hahnel S. Material preferences for tooth-supported 3-unit fixed dental prostheses: A survey of German dentists // The Journal of Prosthetic Dentistry. – 2021. – Vol. 126, №1. – P. 91.e1.
32. Abduo J., Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors // The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry. – 2018. – Vol. 26, №3. – P. 101–121.

33. Oh K.C., Park J.M., Moon H.S. Effects of scanning strategy and scanner type on the accuracy of intraoral scans // Journal of Prosthodontics. – 2020. – Vol. 29, №6. – P. 518–523.
34. An H., Langas E.E., Gill A.S. Effect of scanning speed, scanning pattern, and tip size on the accuracy of intraoral digital scans // The Journal of Prosthetic Dentistry. – 2024. – Vol. 131, №6. – P. 1160–1167.
35. Hasiuk P.A., Vorobets A.B., Demkovych A.Y. et al. Features of occlusal correlations of molars in the dental clinic // Wiadomości Lekarskie. – 2021. – Vol. 74, №5. – P. 1130–1133.
36. Alkadi L. A comprehensive review of factors that influence the accuracy of intraoral scanners // Diagnostics. – 2023. – Vol. 13, №21. – P. 3291.
37. Vitai V., Németh A., Sólyom E. et al. Evaluation of the accuracy of intraoral scanners for complete-arch scanning: a systematic review and network meta-analysis // Journal of Dentistry. – 2023. – Art. 104636.
38. Treesh J.C., Liacouras P.C., Taft R.M. et al. Complete-arch accuracy of intraoral scanners // The Journal of Prosthetic Dentistry. – 2018. – Vol. 120, №3. – P. 382–388.
39. Michelinakis G., Apostolakis D., Kamposiora P. et al. The direct digital workflow in fixed implant prosthodontics: a narrative review // BMC Oral Health. – 2021. – Vol. 21. – P. 1–24.