

Сравнительный анализ методик сканирования беззубых челюстей с применением интраорального сканера

С.В. Проскокова, А.М. Еникеев, А.Е. Пирогов, Р.М. Кулиев, В.О. Востриков, М.Д. Щербаков

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Интраоральный сканер – это устройство, обеспечивающее альтернативу снятию оттисков полости рта. Интраоральный сканер эффективен даже в сложных клинических случаях, но существует проблема в его применении в случае полного отсутствия зубов у пациента. **Целью** является изучение применения различных протоколов внутриворотного сканирования беззубых челюстей с использованием интраорального сканера. **Материалы и методы.** Для исследования применялся интраоральный сканер «Пумпа». С его помощью проводилось сканирование моделей беззубых челюстей Fracaso B-3. Эталонный скан был получен с использованием лабораторного сканера Medit T710. Применялись три методики сканирования. **Результаты.** Методика сканирования в трех плоскостях: верхняя челюсть – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил 77,20%, нижняя челюсть – 72,46%. 2. Методика, основанная на качающихся движениях: верхняя челюсть – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил 86,56%, нижняя челюсть – 65,44%. Вторая методика сканирование нижней челюсти оказалось наиболее рискованным с точки зрения результатов, так как при ее использовании был получен скан соответствие, которого составило с лабораторным сканером только 56%, что недопустимо для дальнейшего планирования лечения и протезирования. 3. Комбинированная методика: верхняя челюсть – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил 89,00%, нижняя челюсть 87,11%. **Заключение.** Комбинированная методика сканирования (третья методика) является наиболее точной и рекомендуется для использования в клинической практике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интраоральное сканирование, цифровая стоматология, 3D-технологии в стоматологии.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Comparative analysis of scanning techniques for edentulous jaws using the intraoral scanner

S.V. Proskokova, A.M. Enikeev, A.E. Pirogov, R.M. Kuliev, V.O. Vostrikov, M.D. Shcherbakov

Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

SUMMARY

Relevance. The intraoral scanner is a device that provides an alternative to traditional dental impressions. Intraoral scanners are effective even in complex clinical cases; however, their application in patients with complete edentulism remains challenging. **Objective.** The study aims to evaluate the effectiveness of various scanning protocols for edentulous jaws using intraoral scanner. **Materials and methods.** The study utilized the Pumpa intraoral scanner to scan edentulous jaw models (Fracaso B-3). A reference scan was obtained using the Medit T710 laboratory scanner. Three scanning techniques were applied: Three-point scanning technique: Maxilla – the average match rate with the laboratory scanner was 77.20%; Mandible – 72.46%. Rocking motion-based technique: Maxilla – the average match rate with the laboratory scanner was 86.56%; Mandible – 65.44%. The second scanning technique for the mandible proved to be the riskiest in terms of results, as its use yielded a scan with a match rate with the laboratory scanner only 56%, which is unacceptable for further treatment planning and prosthetic rehabilitation. Combined technique: Maxilla – average match rate with the laboratory scanner was 89.00%; Mandible – 87.11%. **Results.** The combined scanning technique (third method) demonstrated the highest accuracy and is recommended for clinical use. **Conclusion.** The combined scanning technique is the most precise and should be adopted in clinical practice for scanning edentulous jaws.

KEYWORDS: Intraoral scanning, digital dentistry, 3D technologies in dentistry.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Введение

Современные технологии все сильнее вплетаются в стоматологическое лечение. Одним из ключевых этапов цифровизации стало использование интраорального сканирования [1].

Интраоральный сканер – это устройство, обеспечивающее альтернативу снятию оттисков полости рта, так как используется для создания трехмерных моделей зубов и челюстей пациента. Сканер чаще всего применяется для диагностики, планирования и контроля результатов

лечения. Цифровые модели обеспечивают точную информацию о форме, размерах и взаимном расположении зубов и других структур полости рта.

Принцип работы интраорального сканера заключается в применении светозмерительной технологии и фотограмметрии. Светодиоды, располагающиеся внутри устройства, подсвечивают необходимые ткани, а датчики регистрируют отраженные сигналы, создавая детализированную трехмерную модель. Эти данные обрабатываются специальным программным обеспечением, которое

позволяет объединить их с результатами компьютерной томографии или 3D-сканирования лица [2]. Эти данные создают основу для концепции «виртуального пациента», где все ткани (зубы, десны, кости и кожа) интегрируются в единую модель, что упрощает планирование ортопедического, хирургического и ортодонтического лечения [3].

Интраоральный сканер эффективен даже в сложных клинических случаях, таких как усиленный рвотный рефлекс или патологическая подвижность зубов III степени по классификации Д.А. Энтина, где традиционные методы снятия оттисков затруднены [4].

Интраоральное сканирование открывает нам двери в другие инновационные области стоматологии, одной из таких областей являются технологии 3D-печати и фрезерование ортопедических конструкций [5, 6].

На данный момент применяются различные протоколы интраорального сканирования, некоторые из них рекомендованы производителями, некоторые являются авторскими [7].

Тем не менее, существует проблема в применении сканера, а именно клинические случаи при наличии полностью беззубых челюстей. Алгоритмы интраоральных сканеров, в качестве основных элементов для построения модели полости рта, воспринимают зубы. В случае полной адентии возникают сложности, так как в полости рта присутствует только слизистая оболочка, что может приводить к искажениям при сопоставлении изображений в 3D модели. Такая погрешность может стать значительной помехой для надежной регистрации полости рта [8].

Целью данной статьи является изучение применения различных протоколов внутриворотного сканирования беззубых челюстей с использованием интраорального сканера.

Материалы и методы

Так как беззубые челюсти эталонно без посредников в виде оттисковых масс и гипса невозможно получить с клинической беззубой челюсти, было принято решение применить модели. Для исследования применялся интраоральный сканер «Пумпа» (рис. 1). С его помощью проводилось сканирование моделей беззубых челюстей frasaco B-3 (верхней и нижней) (рис. 2), **которые максимально имитируют реальные условия полости рта благодаря розовому оттенку, глянцевой поверхности и сложной конфигурации альвеолярного гребня.** Модели сканировались вместе с цоколем, углы которого служили точками сопоставления с эталонным сканом. Эталонный скан был получен с использованием лабораторного сканера Medit T710 (рис. 3).

Для сравнения 3D-изображений полости рта были выбраны три основные методики, применяемые в стоматологической практике.

Первая методика предполагала сканирование в трех плоскостях: окклюзионной, язычной и щечной. Сканирование верхней челюсти начиналось с окклюзионной



Рисунок 1. Интраоральный сканер «Пумпа»



Рисунок 2. Модели беззубых челюстей frasaco B-3



Рисунок 3. Лабораторный сканер Medit T710

поверхности дистального моляра, после чего сканер медленно перемещался с покачиванием в вестибуло-оральном направлении через область резцов (для предотвращения наложения сканов) до противоположного моляра. Затем сканер разворачивали и перемещали вдоль щечной поверхности под углом 60–90 градусов до другой стороны зубного ряда. После этого сканер направляли на небную поверхность и продвигали вдоль дуги. При сканировании нижней челюсти наконечник сканера располагали зеркалом вниз. Начиная с окклюзионной поверхности дистального моляра, сканер медленно перемещался с покачиванием в вестибулярно-оральном направлении через область резцов до противоположной стороны. Затем сканер разворачивали орально и, перемещая его под углом 60–90 градусов вдоль язычной поверхности зубов, достигали противоположного моляра. После этого сканер перемещали на щечную сторону и продвигали вдоль дуги до противоположного конца.

Вторая методика основывалась на качающихся движениях. Сканирование начиналось с дистальных отделов челюсти и постепенно продвигалось к противоположному дистальному отделу, при этом сканер переводился с окклюзионной поверхности на вестибулярную, затем на язычную (нёбную) и обратно.

Третья методика представляла собой комбинацию сканирования в плоскостях и качающихся движений. Сканирование начиналось с окклюзионной поверхности одного края зубной дуги и продвигалось до противоположного края, после чего сканер переводился с окклюзионной поверхности на вестибулярную, затем на язычную (нёбную) и обратно.

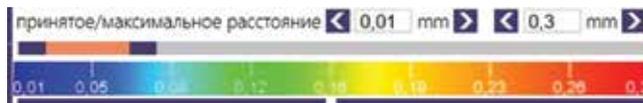


Рисунок 4. Цветовая шкала в исследовании

Каждая методика выполнялась тремя разными операторами и повторялась 5 раз для каждой челюсти. Всего было проведено 45 сканирований. Сопоставление моделей выполнялось в программе Exocad по 6 точкам цоколя. Результаты 30 сопоставлений были занесены в таблицу. Для оценки точности использовалась цветовая шкала: синий цвет соответствовал 10 микронам, красный – 300 микронам, а розовый – значениям свыше 300 микрон (рис. 4). Стоит отметить, что наибольшая сложность была связана с моделями нижней челюсти, за счет конфигурации морфологических элементов и дефицитом протезного ложе.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования были получены различные результаты, отражающие точность сканирования беззубых челюстей с использованием трех различных методик. Результаты представлены в виде процента совпадения сканов с эталонным изображением для верхней и нижней челюстей.

1. Методика сканирования в трех плоскостях (окклюзионной, язычной и щечной): **верхняя челюсть** – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил **77,20%**, **нижняя челюсть** – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил **72,46%**. Результаты представлены в виде рисунка (рис. 5 и 6)

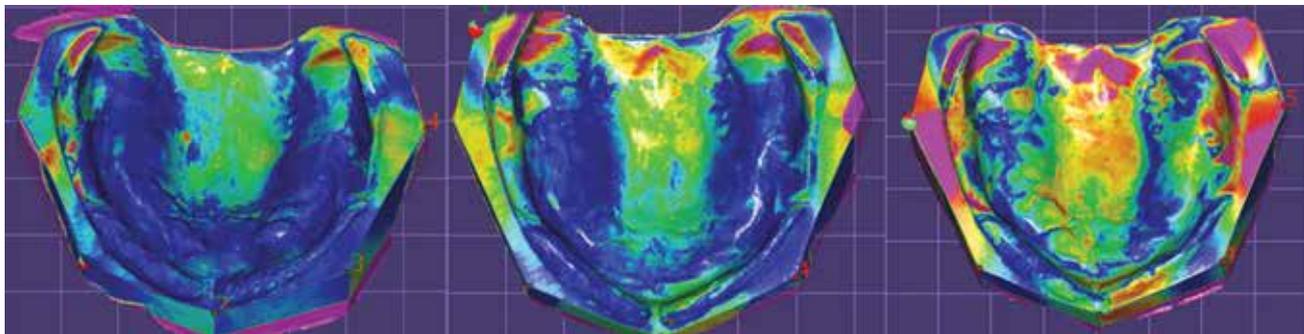


Рисунок 5. Визуализация сопоставлений эталонного скана с полученным при сканировании верхней челюсти первой методикой тремя разными операторами

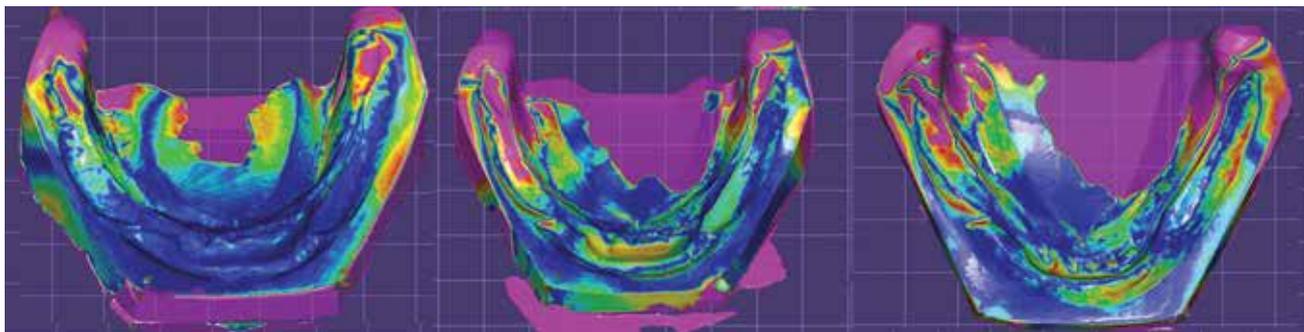


Рисунок 6. Визуализация сопоставлений эталонного скана с полученным при сканировании нижней челюсти первой методикой тремя разными операторами

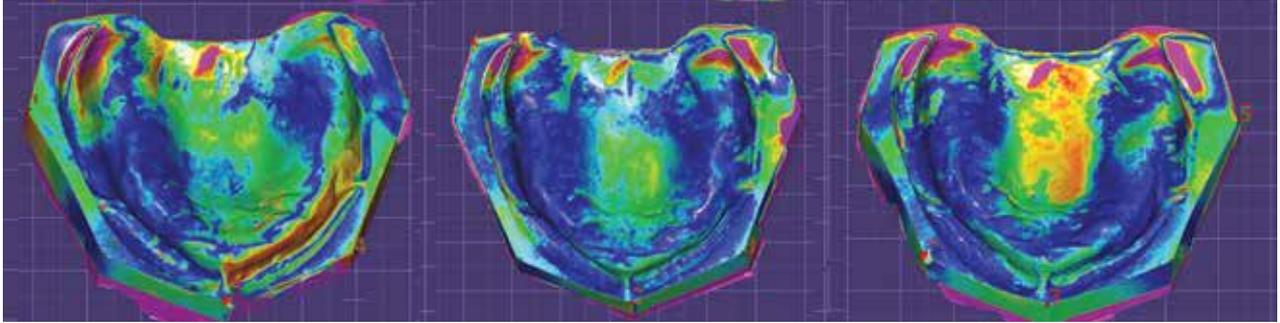


Рисунок 7. Визуализация сопоставлений эталонного скана с полученным при сканировании верхней челюсти второй методикой тремя разными операторами

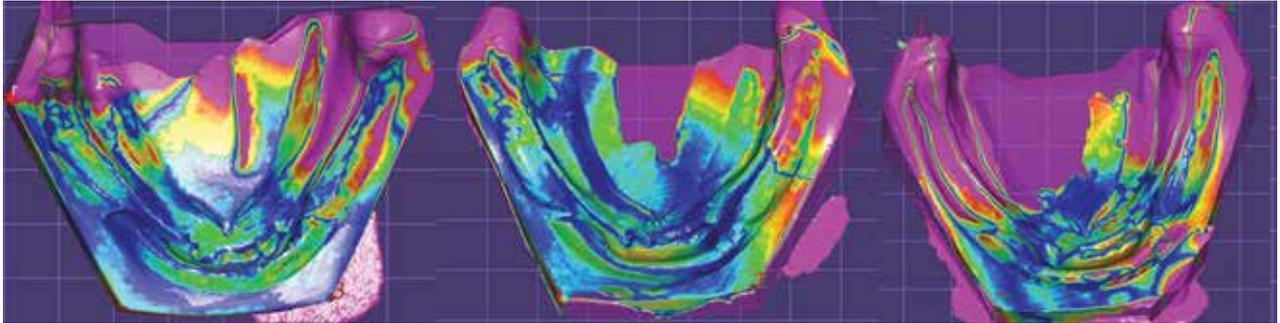


Рисунок 8. Визуализация сопоставлений эталонного скана с полученным при сканировании нижней челюсти второй методикой тремя разными операторами

2. Методика, основанная на качающихся движениях: **верхняя челюсть** – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил **86,56%**, **нижняя челюсть** – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил **65,44%** (рис. 7 и 8). Стоит отметить, что при второй методике сканирование нижней челюсти результаты оказались наиболее критичными так как был получен скан, соответствие

которого составило только 56%, что недопустимо для дальнейшего планирования лечения и протезирования. 3. Комбинированная методика (сканирование в плоскостях и качающиеся движения): **верхняя челюсть** – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил **89,00%**, **нижняя челюсть** – средний процент совпадения с лабораторным сканером составил **87,11%** (рис. 9 и 10).

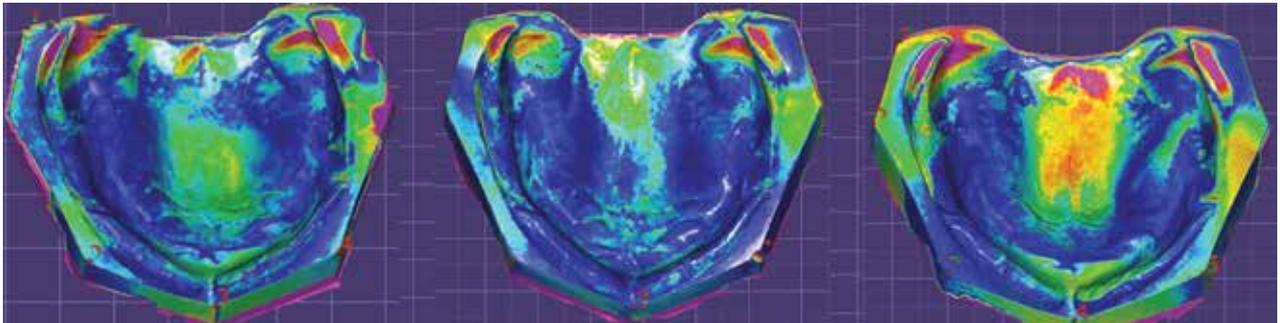


Рисунок 9. Визуализация сопоставлений эталонного скана с полученным при сканировании верхней челюсти третьей методикой тремя разными операторами

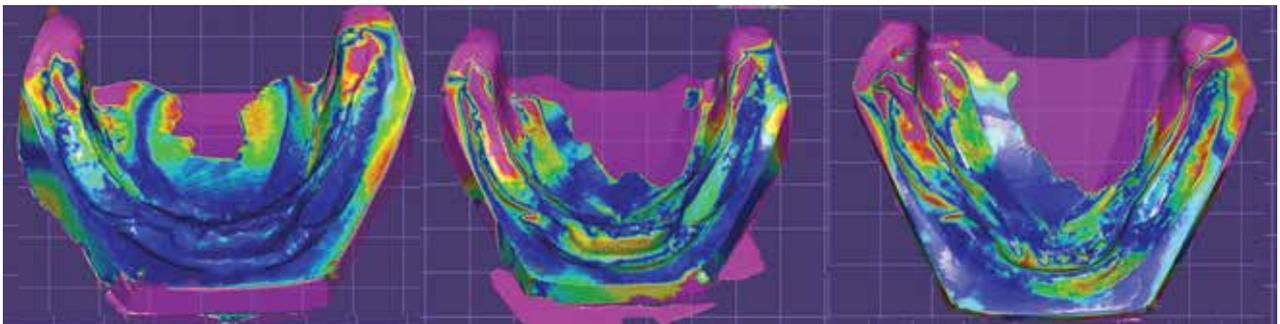


Рисунок 10. Визуализация сопоставлений эталонного скана с полученным при сканировании нижней челюсти третьей методикой тремя разными операторами

Комбинированная методика оказалась наиболее эффективной, обеспечивая высокую точность как для верхней, так и для нижней челюсти.

Вторая методика, несмотря на хорошие результаты для верхней челюсти, показала низкую точность для нижней челюсти, что может быть связано с анатомическими особенностями и сложностью сканирования.

Первая методика, хотя и уступает двум другим, остается достаточно надежной для использования в клинической практике.

Вывод

Комбинированная методика сканирования (третья методика) является наиболее точной и рекомендуется для использования в клинической практике. Результаты исследования подтверждают важность выбора методики сканирования в зависимости от анатомических особенностей челюсти и клинических задач.

Список литературы / References

1. Левашов Н.Е., Олейников А.А., Романов С.А. Возможности 3D-сканирования в современной стоматологии. *Digital Diagnostics*. 2024;(5). № 1S:89–91. doi: 10.17816/DD625965.
Levashov N.E., Oleinikov A.A., Romanov S.A. 3D scanning capabilities in modern dentistry. *Digital Diagnostics*. 2024; (5). №1S: 89–91. (In Russ.) doi: 10.17816/DD625965.
2. Revilla-León M., Subramanian S.G., Özcan M., Krishnamurthy V.R. Clinical Study of the Influence of Ambient Light Scanning Conditions on the Accuracy (Trueness

and Precision) of an Intraoral Scanner. *J Prosthodont*. 2020;29(2):107–113. doi: 10.1111/jopr.13135.

3. Якимов И.А., Шарипов И.И. Применение 3D-печати и 3D-сканирования в стоматологии. Тенденции развития науки и образования. 2024; №110(16): 195–199. DOI 10.18411/trnio-06-2024-901.
Yakimov I.A., Sharipov I.I. Application of 3D printing and 3D scanning in dentistry. *Trends in the development of science and education*. 2024; №110(16):195–199. (In Russ.) DOI 10.18411/trnio-06-2024-901.
4. Ермаков А.В., Лосев А.В. Сравнительный обзор интраоральных сканеров для врачей-ортодонтот. *Российская стоматология*. 2023;16(3):44–48.
Ermakov A.V., Losev A.V. Comparative review of intraoral scanners for orthodontists. *Russian Dentistry*. 2023;16(3):44–48. (In Russ.)
5. Проскокова С.В., Еникеев А.М., Пирогов А.Е., Кулиев Р.М. Перспективы применения протированных временных ортопедических конструкций при длительной эксплуатации. *Вестник Российского государственного медицинского университета*. 2024;(4):12–16. doi: 10.24075/vrgmu.2024.037.
Proskokova S.V., Enikeev A.M., Pirogov A.E., Kuliev R.M. Prospects for the use of long-living printed temporary orthopedic structures. *Bulletin of RSMU*. 2024;(4):12–6. DOI: 10.24075/brsmu.2024.037.
6. Канукова Л.С., Мрикаева М.Р., Исмаилова М.И., Мишвелов А.Е., Прокопенко Я.А. Интеграция цифровых технологий в стоматологии-ортопедии: тенденции и проблемы. *Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования*. 2024;(1):72–75.
Kanukova L.S., Mrikaeva M.R., Ismailova M.I., Mishvelov A.E., Prokopenko Ya.A. Integration of digital technologies in dentistry and orthopedics: trends and problems. *Medicine. Sociology. Philosophy. Applied research*. 2024;(1):72–75. (In Russ.)
7. Саакян М.Ю., Алексеева Н.А., Якунина А.В., Барышев И.И. Сравнение методик внутриротового сканирования. *Медицинский альманах*. 2023;4(77): 97–104.
Saakyan M.Yu., Alekseeva N.A., Yakunina A.V., Baryshev I.I. comparison of intraoral scanning methods. *Medical Almanac*. 2023;4(77):97–104. (In Russ.)
8. Deferm J.T., Baan F., Nijssink J., Verhamme L., Maal T., Meijer G. Intraoral scanning of the edentulous jaw without additional markers: An in vivo validation study on scanning precision and registration of an intraoral scan with a cone-beam computed tomography scan. *Imaging science in dentistry*. 2023;53(1):21–26. <https://doi.org/10.5624/isd.20220131>.

Статья поступила / Received 13.03.2025

Получена после рецензирования / Revised 22.03.2025

Принята в печать / Accepted 22.03.2025

Информация об авторах

Проскокова Светлана Владимировна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой ортопедической стоматологии

E-mail: proskokova-svetlana@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5253-0544>

Еникеев Амир Маратович – ассистент кафедры ортопедической стоматологии

E-mail: Amir.Stomat.Art@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2189-7147>

Пирогов Андрей Евгеньевич – ассистент кафедры ортопедической стоматологии

E-mail: pirogov_ae@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1704-7406>

Востриков Валерий Олегович – ассистент кафедры ортопедической стоматологии

E-mail: valera-vostrikov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7329-1876>

Кулиев Рахим Муталлим Оглы – ассистент кафедры ортопедической стоматологии

E-mail: kulievrahim@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4646-0658>

Щербakov Максим Дмитриевич – студент 5 курса стоматологического факультета

E-mail: masimochka2000@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7580-9570>

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский

Университет), Москва, Российская Федерация

Контактная информация:

Еникеев Амир Маратович. E-mail: Amir.Stomat.Art@gmail.com

Author information

Proskokova Svetlana Vladimirovna – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: proskokova-svetlana@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5253-0544>

Enikeev Amir Maratovich – Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: Amir.Stomat.Art@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2189-7147>

Pirogov Andrey Evgenievich – Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: pirogov_ae@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1704-7406>

Vostrikov Valery Olegovich – assistant at the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: valera-vostrikov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7329-1876>

Kuliev Rakhim Mutallim Ogly – assistant at the Department of Orthopedic Dentistry

E-mail: kulievrahim@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4646-0658>

Shcherbakov Maxim Dmitrievich – 5th year student

E-mail: masimochka2000@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7580-9570>

Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health

of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Contact information

Enikeev Amir Maratovich. E-mail: Amir.Stomat.Art@gmail.com

Для цитирования: Проскокова С.В., Еникеев А.М., Пирогов А.Е., Кулиев Р.М., Востриков В.О., Щербakov М.Д. Сравнительный анализ методик сканирования беззубых челюстей с применением интраорального сканера // Медицинский алфавит. 2025;(10):90–94. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-10-90-94>

For citation: Proskokova S.V., Enikeev A.M., Pirogov A.E., Kuliev R.M., Vostrikov V.O., Shcherbakov M.D. Comparative analysis of scanning techniques for edentulous jaws using the intraoral scanner // Medical alphabet. 2025;(10):85–89. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-10-90-94>

