

Сравнительная оценка *in vitro* точности стоматологических сканеров открытого типа при получении модели зубного ряда

Розов Р.А.^{1,2}, Трезубов В.Н.², Шалагинова А.В.², Кусевский Л.Я.²

¹Городская стоматологическая поликлиника №33

²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Резюме

Актуальность. Современный лабораторный сканер, по данным производителей, обеспечивает точность 5-15 мкм, тогда как точность внутриротового прибора составляет около 25-50 мкм. Зарубежные исследования показывают значительные отклонения в реальной точности с использованием различных внутриротовых сканеров при сканировании всего зубного ряда, которые порой превышают 165 мкм. Их использование для создания ортопедических конструкций может сопровождаться неприемлемыми в клинике ортопедической стоматологии показателями величины зазора между ортопедической конструкцией и ее протезным ложем.

Цель. Сравнительная оценка реальной точности лабораторных и внутриротовых сканеров открытого типа при получении модели зубного ряда.

Материалы и методы. Создана контрольная модель при помощи программы ExoCAD и 3D-принтера FormLab. Модель подверглась сканированию с использованием четырех внутриротовых устройств (Identica i500, MyCrown Scan, PlanScan и Trios Wireless) и трех стационарных аппаратов (Identica Hybrid, Open Technologies Easy и Open Technologies Neway). При помощи программы 3D-моделирования Geomagic Control X были выполнены наложения и трехмерный анализ эталонной модели CAD и тестовых моделей CAD. Статистическую обработку полученных результатов провели в программе IBM SPSS 25.

Результаты. Среди внутриротовых сканеров наилучшую точность продемонстрировал TRIOS3 Wireless (82,6 мкм), а самой низкой точностью из исследуемых сканеров отличался PlanScan (224,4 мкм). Из исследуемых лабораторных сканеров самым точным оказался Open Technologies Easy (53,9 мкм), а самой низкой точностью была у Open Technologies NeWay (72,48 мкм).

Заключение. Низкая точность внутриротового сканирования всего зубного ряда не позволяет получать по нему рабочую модель для создания протяженных конструкций, особенно имплантационных.

Ключевые слова: внутриротовой сканер, лабораторный стоматологический сканер, точность стоматологического сканера, точность оттиска, цифровая модель зубного ряда.

Для цитирования: Розов Р. А., Трезубов В. Н., Шалагинова А. В., Кусевский Л. Я. Сравнительная оценка *in vitro* точности стоматологических сканеров открытого типа при получении модели зубного ряда. Пародонтология.2020;25(3):231-236. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2020-25-3-231-236>.

Comparative *in vitro* evaluation of the accuracy of dental open system scanners

R.A. Rozov^{1,2}, V.N. Trezubov², A.V. Shalaginova², L.Ya. Kusevickiy²

¹City Dental Clinic No. 33

²Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract

Relevance. Contemporary Desktop scanner provides accuracy up to 5-15 micron according to the manufacturers, whereas the accuracy of intraoral scanners is near 25-30 micron. Foreign researches point out significant deviations, in some cases of more than 165 micro, of actual accuracy of different types of intraoral scanners in case dental arches scanning. Utilisation of such devices for prosthesis production can lead to unacceptable for the prosthodontic standards size of the clearance between prosthesis and its prosthetic bed.

Purpose. Comparative assessment of actual accuracy of open system desktop and intraoral scanners for getting dental models.

Materials and methods. The control model was produced using ExoCAD software and FormLab 3D printer. The model was scanned by 4 intraoral scanning devices (Identica i500, MyCrown Scan, PlanScan and Trios Wireless) and 3 stationary devices (Identica Hybrid, Open Technologies Easy and Open Technologies Neway). The matching of the scanned files and 3D analysis of the reference CAD model with test CAD models was performed in Geometric Control X software. Statistical analysis of the acquired data was performed by IBM SPSS 25.

Results. TRIOS3 Wireless showed the best accuracy among intraoral scanners (82.6 mkm) the worst result in accuracy of the acquired data was for PlanScan (224,4 mkm). Open Technologies Easy was the most accurate among desktop scanners (53.9 mkm) and the least accurate is Open Technologies NeWay (72,48 mkm).

Conclusion. Low accuracy of the intraoral scanning of the whole dental arch does not permit to use it for getting working model in case of production of the long span bridges especially in case of implant supported prosthetics.

Key words: intraoral scanner, digital impression, prosthetic dentistry, restorative dentistry, CAD/CAM, intraoral scanning, accuracy.

For citation: R. A. Rozov, V. N. Trezubov, A. V. Shalaginova, L. Ya. Kusevickiy. Comparative in vitro evaluation of the accuracy of dental open system scanners. Parodontologiya.2020;25(3):231-236. (in Russ.) <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2020-25-3-231-236>.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровые системы стоматологического сканирования появились в середине 80-х годов прошлого столетия. Известны два способа создания цифровой модели зубного ряда: прямой – внутриротовое сканирование и непрямой – получение аналоговых оттисков традиционным способом с последующим получением гипсовой модели, которую и подвергают сканированию. Современный стационарный (лабораторный) сканер, по инструкции производителей, обеспечивает точность 5-15 мкм, тогда как точность внутриротового прибора составляет около 25-50 мкм [1, 2]. Многие зарубежные исследования показывают значительные отклонения в точности с использованием различных внутриротовых сканеров при сканировании всего зубного ряда, которые порой превышают 165 мкм [4, 6, 7]. Их использование для создания ортопедических конструкций протезов или их каркасов может сопровождаться неприемлемыми в клинике ортопедической стоматологии показателями величины зазора между опорным зубом и краем искусственной коронки, превышающим 120 мкм [5, 8].

Данные, полученные Imburgia M. (2017), свидетельствуют о значительных различиях в точности внутриротовых сканирующих систем. Так, прибор CS3600 имел наивысшую точность ($60,6 \pm 11,7$ мкм), за ним следовали сканеры Omnicam ($66,4 \pm 3,9$ мкм), Trios3 ($67,2 \pm 6,9$ мкм) и TrueDefinition ($106,4 \pm 23,1$ мкм) [13].

Malik J. (2018) представил результаты, свидетельствующие о том, что средние и стандартные отклонения в точности получения модели для силиконового оттиска, сканеров Trios и Omnicam составили $21,7 \pm 5,4$; $49,9 \pm 18,3$ и $36,5 \pm 11,12$ мкм соответственно [14].

Учитывая недостаточность научных исследований по теме точности стоматологических цифровых систем получения рабочих моделей зубных рядов, с одной стороны, и большое количество различных их типов на рынке стоматологического оборудования – с другой, а также задачу совершенствования лечебно-диагностического ресурса [3], нами было принято решение провести данную работу. Сформулированная нами нулевая гипотеза заключается в том, что точность сканирования неизменна на протяжении всего зубного ряда и совпадает с заявленной производителем точностью.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительная оценка реальной точности лабораторных и внутриротовых сканеров открытого типа при получении модели зубного ряда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами при помощи программного комплекса Exocad 2.2 был моделирован искусственный зубной ряд верхней челюсти, состоящий из 13 зубов (рис. 1). Для преобразования цифровой модели зубного ряда в

Таблица 1. Сравнительная характеристика технических характеристик стоматологических сканеров
Table 1. Comparative characteristics of the technical characteristics of dental scanners

Название Name	Производитель Manufacturer	Тип Type	Принцип работы Principle of operation	Источник излучения Radiation source	Использование порошка Powder use	Формат вывода данных Data output format
Identica Hybrid	MEDIT (Южная Корея)	Лабораторный Desktop scanner	Оптическое сканирование Optical scanning	Blue LED	Нет No	STL
Open Technologies Easy	Open Technologies (Италия)	Лабораторный Desktop scanner	Оптическое сканирование Optical scanning	Белый свет White light	Нет No	STL
Open Technologies Neway	Open Technologies (Италия)	Лабораторный Desktop scanner	Оптическое сканирование Optical scanning	Белый свет White light	Нет No	STL
PlanScan	Planmeca (Финляндия)	Внутриротовой Desktop scanner	Метод триангуляции Triangulation method	Blue LED	Нет No	STL
Trios3 Wireless	3shape (Дания)	Внутриротовой Desktop scanner	Конфокальная микроскопия Confocal microscopy	Белый свет White light	Нет No	STL
i500	MEDIT (Южная Корея)	Внутриротовой Desktop scanner	Потоковая стереофотограмметрия Streaming stereophotogrammetry	Blue LED	Нет No	STL
MyCrown Scan	Fona (Dentsply Sirona) (США)	Внутриротовой Desktop scanner	Активная стереофотограмметрия Active stereophotogrammetry	Белый свет White light	Да Yes	STL

Таблица 2. Точность сканирования (в мкм) сканерами открытого типа
Table 2. Scanning accuracy (in microns) by open-type scanners

Номер зуба модели / точность сопоставления (мкм) Tooth number / matching accuracy (microns)	Модель сканера / Scanning device model							Среднее (мкм) Mean (microns)
	Trios3 Wireless	i500	MyCrown Scan	Identica Hybrid	Open Technologies Easy	Open Technologies Neway	PlanScan	
18	20,35	32,1	54,9	30,35	11,1	42,35	211,85	57,57
17	24,665	105,45	97,65	37,55	22,5	59	149,65	70,92
16	44,8	132,7	53,2	26,55	20,5	26,9	156,35	65,85
15	41,65	161,9	62,55	39,9	38,3	52,55	165,85	80,38
13	45	144,15	91,95	63	26,05	66,4	142,05	82,65
12	86,5	151,5	129,2	86,8	49,05	104,75	160,85	109,8
11	110,9	241,55	327,6	154,5	131,2	121,85	315,95	200,5
21	138,3	136,85	252,8	150,4	114,95	108,35	319,7	174,47
22	114,45	114,95	105,05	89,75	68,55	92,95	280,9	123,8
23	118,35	113,7	79,2	56,1	48,1	76,5	223,4	102,19
25	83,75	89,45	69,45	70,8	58,7	44,5	246	94,66
26	90,1	105,15	72,55	35,55	42,05	51,65	257,35	93,48
27	155,05	237,15	112,35	77,5	69,65	94,5	287,2	147,62
Среднее (мкм) Mean (microns)	82,60	135,89	116,03	70,67	53,9	72,48	224,39	

физическую использовался стоматологический лабораторный принтер FormLabs Form2, работа которого основана на функциональной системе печати методом стереолитографии из полимера Formlabs Grey Resin (рис. 2). Он поддерживает печать с разрешением 25 мк, а заявленная производителем усадка составляет 3,5%.

В качестве объектов исследования нами были подобраны семь наиболее популярных стоматологических сканеров открытого типа (табл. 1):

- 1) лабораторные сканеры:
 - Identica Hybrid MEDIT (IH),
 - Open Technologies Easy (OTE),
 - Open Technologies NeWay (OTN);
- 2) внутриворотные сканеры:
 - PlanScan Planmeca (PS),
 - Trios3 Wireless 3SHAPE (TW),
 - Identica i500 MEDIT (li),
 - MyCrown Scan (MCS).

Сканированию с использованием всех цифровых приборов подвергалась одна полимерная рабочая модель. Последовательность сканирования зубного ряда была определена в соответствии с инструкциями производителя. Сканирование зубного ряда начиналось с окклюзионной поверхности правого третьего моляра, продолжаясь в направлении по часовой стрелке. Согласно ISO-12836, каждое сканирование было выполнено при температуре окружающей среды 23 °C.

Выполнено по три сканирования каждым из семи сканеров. Чтобы уменьшить разницу в точности в связи с разным уровнем мастерства пользователя, первое сканирование было удалено, и последующие две цифровые модели были использованы для сравнительной оценки. Данные сканирования напрямую преобразованы и экспортированы как стереолитографический файл стандартного языка компьютерной графики (формат STL).

Для оценки качества и точности сканирования нами применен программный комплекс Geomagic Control X (Artec3D), комплексная программная платформа для выполнения измерений и любых производственных операций (выпуск 2018.0.0). Данная программа рекомендована в ISO-12836. Это программное обеспечение позволяет

обнаруживать расхождения с точностью в микрометрах, как положительные (расширение), так и отрицательные (усадка). Сначала цифровая модель для трехмерного анализа была разбита на условные единицы (элементы зубного ряда – зубы). Проведена также плоскость, основанная на гипотетической линии, соединяющей центральный резец и второй моляр. Каждая цифровая модель, полученная изучаемыми сканерами, сравнивалась с исходной цифровой моделью с использованием технологии «наилучшего выравнивания», математического алгоритма для наложения цифровых объектов, объективно измеряющего объемные отклонения полученной модели относительно исходной (рис. 3). После завершения трехмерного сравнения в программе были созданы карты отклонений с цветовой кодировкой, иллюстрирующие различия между двумя сопоставленными моделями, и получена информация об отклонениях. Статистический анализ был выполнен с использованием программного

Таблица 3. Итоговые показатели точности сканеров различных моделей, мкм

Table 3. The final accuracy indicators of scanners of various models, microns

Модель сканера Scanning device	Результат, мкм Result, microns	
	Средне-квадратичное значение Root-mean-square	Стандартное отклонение Standard deviation
Trios3 Wireless	82,6	37,04
PlanScan	224,39	81,46
MyCrown Scan	116	49,54
MEDIT i500	135,89	61,35
Identica Hybrid	70,67	32,73
Open Technologies Easy	53,9	24,35
Open Technologies Neway	72,48	35,54

комплекса SPSS 25. Различия между группами проанализировали с использованием критерия Краскела – Уоллиса для ненормального распределения ($\alpha = 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенное нами исследование показало, что среди внутриротовых сканеров наилучшую точность продемонстрировал TRIOS3 Wireless (82,6 мкм), а самой низкой точностью из исследуемых сканеров отличался PlanScan (224,4 мкм). Что касается исследуемых лабораторных сканеров, то самым точным оказался Open Technologies Easy (53,9 мкм), а самой низкой точностью была определена у Open Technologies NeWay (72,48 мкм).

Для сравнения групп между собой был использован критерий Н-Краскела-Уоллиса. Были выявлены значимые различия между показателями ($N = 43,608$; $p < 0,01$). Наибольшие значения установлены по показателю PS3 (ср. ранг = 81,46), наименьшее значение – по показателю OTE3 (ср. ранг = 24,34).

Значительная разница была обнаружена среди показателей разных сканеров для каждого из зубов ($P < 0,001$). Итоговые результаты представлены в таблицах 3 и 4. Неожиданной находкой явилось значение показателя точности при сопоставлении отдельных элементов зубного ряда. Так, наиболее низкие показатели средней точности были выявлены на 1.1 зубе, а самая высокая точность – на 1.8 зубе (табл. 2, рис. 4). При этом были определены статистически значимые различия между показателями ($N = 31,879$; $p < 0,01$). Наибольшие значения относились к 1.2 зубу (ср. ранг = 74,57), наименьшее значение – к 1.8 зубу (ср. ранг = 20,43).

При сравнении карты цветовых различий все внутриротовые и лабораторные сканеры выявили смещения по мере увеличения диапазона сканирования, то есть по мере удаления сканера от начальной точки точность результата снижалась. Расширение диапазона сканирования показывало высокую неточность по режущему краю зубов у всех сканеров.

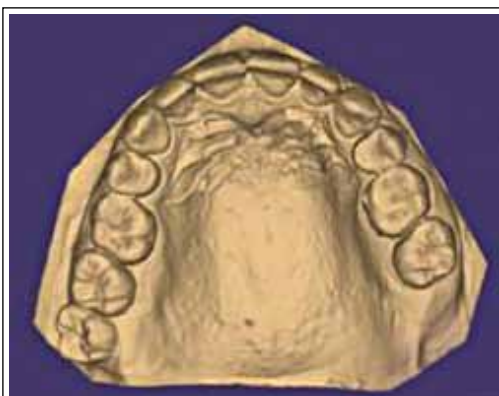


Рис. 1. Цифровая модель искусственного зубного ряда верхней челюсти, включающего 13 зубов в программе Exocad 2.2

Fig. 1. Digital model of the artificial dentition of the upper jaw, including 13 teeth in the program «Exocad 2.2»

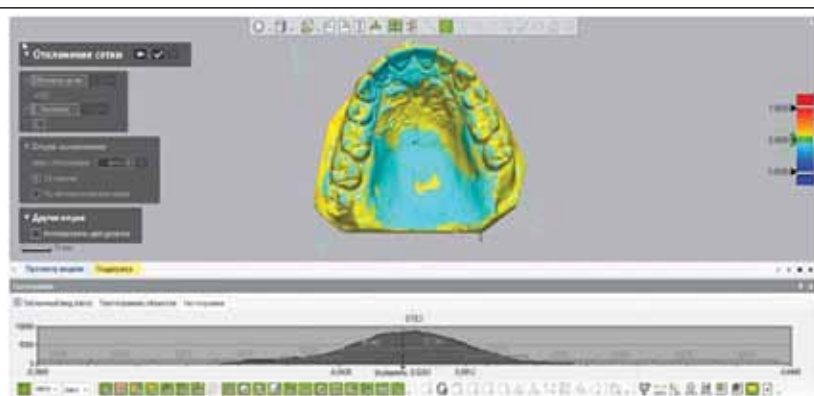


Рис. 3. Сравнение с исходной цифровой моделью результата, полученного сканером Open Technologies NeWay в программе Geomagic Control X

Fig. 3. Comparison with the original digital model of the result obtained by the scanner «Open Technologies NeWay» in the «Geomagic Control X» program

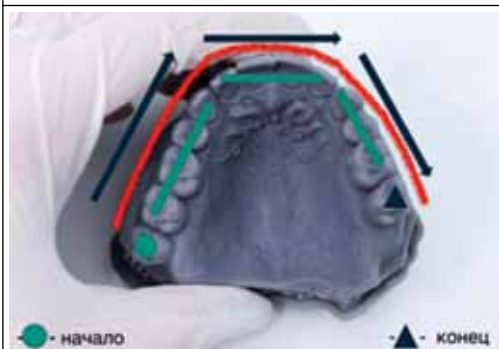


Рис. 2. Полимерная рабочая модель и схема сканирования внутриротовыми сканерами полимерной модели: линии со стрелками указывают направление и сегменты сканирования зубного ряда (боковые зубы, передние зубы), красная линия – весь зубной ряд

Fig. 2. Polymer working model and scanning scheme by intraoral scanners of the polymer model: lines with arrows indicate the direction and segments of scanning of the dentition (lateral teeth, front teeth), the red line is the entire dentition

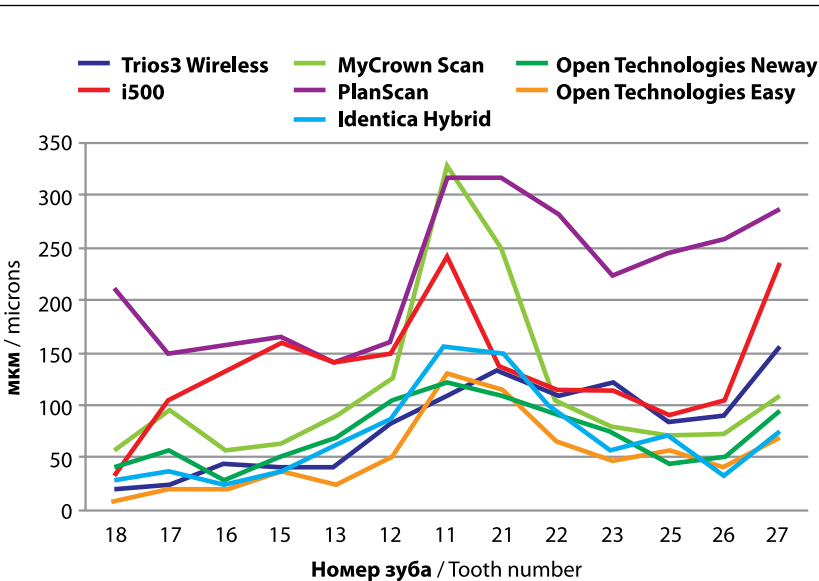


Рис. 4. Распределение значений показателя точности различных сканеров в зависимости от зубной формулы

Fig. 4. Distribution of values of the accuracy index of various scanners depending on the dental formula

Таблица 4а. Итоговые результаты сравнения групп (точность сканирования в зависимости от типа сканера) между собой с использованием критерия Н-Краскела-Уоллиса

Table 4a. Final results of group comparison (scanning accuracy depending on the type of scanner) with each other using of the Kruskal-Wallis H test criterion

	TW3	Li3	MCF3	IN3	OTЕ3	OTN3	PS3	Эмпирическое значение критерия Criteria empirical value	Уровень значимости Significance value
Средний ранг Mean rank	37,04	61,35	49,54	32,73	24,35	35,54	81,46	43,608	0,001

Таблица 4б. Результаты сравнения точности в зависимости от положения зуба в зубном ряду с использованием критерия Н-Краскела-Уоллиса

Table 4b. Results of the comparison of accuracy depending on the position of the tooth in the dentition using of the Kruskal-Wallis H test criterion

	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	25	27	Эмпирическое значение критерия Criteria empirical value	Уровень значимости Significance value
Средний ранг Mean rank	20,43	31,86	29,71	36,29	38,93	53,71	74,57	71,50	55,64	46,71	41,43	37,21	60,00	31,879	0,001

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Интересный дизайн исследования представили Ender A. et al. (2019), в котором показаны результаты получения цифровых моделей шестью различными внутриротовыми приборами как всего зубного ряда, так и его отдельных сегментов (передний, боковой) [11]. В качестве контроля в исследовании по поливинилсилоксановому оттиску получена гипсовая модель зубного ряда верхней челюсти. Результаты отличались по точности как в зависимости от модели сканирующего прибора, так и между сегментами зубного ряда и целым зубным рядом. Наименее точный результат в его работе показан при сканировании целого зубного ряда сканером MEDIT i500 = $93,1 \pm 20,2$ мкм. Лучшие результаты показаны в контрольной группе при оцифровывании гипсовой модели $16,2 \pm 1,6$ мкм, что позволило авторам сделать вывод о преимуществах аналогового оттиска для получения модели всего зубного ряда.

В нашей работе сканер MEDIT i500 также показал наименее точные результаты, равные $135,9 \pm 61,4$ мкм. Разница в абсолютных значениях возникает в связи с разным дизайном исследования, а также разницей в моделях. В работе Ender A. et al. (2019) рабочей моделью явилась аналоговая модель зубного ряда верхней челюсти, созданная с использованием искусственных зубов из керамики, по своим оптическим свойствам приближенная к естественным зубам. Известно влияние материала рабочей модели на результаты точности сканирования. Так, Müller P. (2016) в своей работе применял стальную модель, характеризующуюся непрозрачностью поверхности [15]. В своем исследовании мы сопоставляли две цифровые модели: одну рабочую модель, созданную виртуально, и вторую, полученную при сканировании различными приборами напечатанного на принтере FormLabs Form2 аналога первой. Учитывая, что значение неточности печати методом стереолитографии (SLA) данной модели мы не учитывали (поскольку для всех результатов сканирования модель была одна), вероятно, оно и увеличило абсолютные значения показателей по каждому сканеру.

В результатах собственного исследования показано, что лучшая точность цифрового воспроизведения элементов зубного ряда была в области 1.8 зуба, а наименьшая в области переднего, 2.1 зуба. Так, нами отмечено,

что степень искажения при внутриротовом способе получения цифровой модели увеличивается в направлении от зуба, с которого началось сканирование.

Аналогичный результат показан и в работе Ender A. et al. (2019): большая аккуратность воспроизведения в цифровой модели была у боковых сегментов зубного ряда.

Мы предполагаем, что кроме геометрии элемента зубного ряда на точность цифровой модели оказывает влияние и само программное обеспечение. К такому же выводу пришел и Haddadi Y. (2018), обнаруживший влияние версии программного обеспечения прибора для сканирования на точность результата [12].

Полученные нами высокие значения неточности цифровой модели, подтверждающие исследования ряда зарубежных ученых, склоняют нас к мысли о рисках использования цифровых устройств при создании имплантационных протезов большой протяженности. Эта точка зрения созвучна обзору, выполненному Abdou J. (2018), после анализа международных результатов использования таких систем, как Cerec Bluecam, Cerec Omnicam, Cadent iTero, «Lava C.O.S, Lava True Definition, TRIOS, TRIOS Color, E4D, Planscan, MHT, Carestream 3500 и Zfx IntraScan. Автором было показано, во-первых, что невозможно использовать цифровые системы для сканирования всего зубного ряда с целью получения рабочей модели. Они хороши лишь для получения цифровых моделей его сегментов и диагностических моделей зубного ряда [10]. Во-вторых, возможность использования цифровых систем для производства протезов связана с другой методикой сканирования, предполагающей сканирование отдельных элементов рабочей модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты нашей работы принципиально и во многом совпадают с данными известных международных публикаций. Они свидетельствуют о различной реальной и вместе с тем недостаточной, точности различных систем получения цифровых моделей, в особенности всего зубного ряда. Это также означает, что низкая точность внутриротовых систем сканирования не позволяет их использовать для получения цифровых рабочих моделей при создании протяженных имплантационных конструкций. Наивысшую точность среди изученных приборов показал сканер Open Technologies Easy.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Костюкова В. В., Ряховский А. Н., Уханов М. М. Сравнительный обзор внутриротовых трехмерных цифровых сканеров для ортопедической стоматологии. *Стоматология*. 2014;93(1):53-59. [V. V. Kostyukova, A. N. Ryahovskij, M. M. Uhanov. Comparative study of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Stomatologiya*. 2014;93(1):53-59. (In Russ.)]. <https://www.mediasphera.ru/issues/stomatologiya/2014/1/030039-17352014115>.
2. Лебедеенко И. Ю., Назарян Р. Г., Ашортия М. Т., Агаметов М. Р., Щепинова И. В. Изучение точности сканирования оттисков и гипсовых моделей лазерным лабораторным сканером. *Российский стоматологический журнал*. 2015;19(3):4-5. [I. Yu. Lebedenko, R. G. Nazaryan, M. T. Ashortiya, M. R. Agametov, I. V. Shchepinova. Studying the accuracy of scanning prints and plaster models of clinical laser scanner. *Russian Journal of Dentistry*. 2015;19(3):4-5. (In Russ.)]. <http://www.medlit.ru/journalsview/dentistry/view/journal/2015/issue-3/232-izuchenie-tochnosti-skanirovaniya-ottiskov-i-gipsovyyh-modeley-lazernym-laboratornym-skanerom/>.
3. Орехова Л. Ю., Атрушкевич В. Г., Михальченко Д. В., Горбачева И. А., Лапина Н. В. Стоматологическое здоровье и полиморбидность: анализ современных подходов к лечению стоматологических заболеваний. *Пародонтология*. 2017;22(3):15-17. [L. Yu. Orekhova, V. G. Atrushkevich, D. V. Mikhailchenko, I. A. Gorbacheva, N. V. Lapina. Dental health and polymorbidity: analysis of modern approaches to the treatment of dental diseases. *Parodontologiya*. 2017;22(3):15-17. (In Russ.)]. <https://www.parodont.ru/jour/article/view/121/121>.
4. Трезубов В. Н., Попов В. Л., Розов Р. А. Судебно-стоматологическая идентификация личности пользователя полным съемным протезом. *Стоматология*. 2020;99(1):43-48. [V. N. Trezubov, V. L. Popov, R. A. Rozov. Dental forensic identification of the user of a complete removable denture. *Stomatologiya*. 2020;99(1):43-48. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/stomat20209901143>.
5. J. S. Almeida e Silva, K. Erdelt, D. Edelhoff, É. Araújo, M. Stimmelmayer, L. C. C. Vieira et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin Oral Investig*. 2014;18:23. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-0987-2>.
6. A. Ender, A. Mehl. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int*. 2015;46:17. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a32244>.
7. S. B. M. Patzelt, A. Emmanouilidi, S. Stampf, J. R. Strub, W. Att. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin Oral Investig*. 2014;18:94. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1132-y>.
8. P. Seelbach, C. Brueckel, B. Wöstmann. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig*. 2013;17:64. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0864-4>.
9. P. Svanborg, H. Skjerven, P. Carlsson, A. Eliasson, S. Karlsson, A. Örtorp. Marginal and internal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses generated from digital and conventional impressions. *Int J Dent*. 2014;20:53. <https://doi.org/10.1155/2014/534382>.
10. J. Abduo, M. Elseyoufi. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2018;26(3):101-121. https://doi.org/10.1922/EJPRD_01752Abduo21.
11. A. Ender, M. Zimmermann, A. Mehl. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent*. 2019;22(1):11-19. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30848250>.
12. Y. Haddadi, G. Bahrami, F. Isidor. Effect of Software Version on the Accuracy of an Intraoral Scanning Device. *Int J Prosthodont*. 2018;31(4):375-376. <https://doi.org/10.11607/ijp.5781>.
13. M. Imburgia, S. Logozzo, U. Hauschild, G. Veronesi, C. Mangano, F. G. Mangano. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2017;17:92. <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-017-0383-4>.
14. J. Malik, J. Rodriguez, M. Weisbloom, H. Petridis. Comparison of Accuracy Between a Conventional and Two Digital Intraoral Impression Techniques. *Prosthodontics*. 2018;31(2):107-113. <https://doi.org/10.11607/ijp.5643>.
15. P. Müller, A. Ender, T. Joda, J. Katsoulis. Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner. *Quintessence Int*. 2016;47(4):343-9. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a35524>.

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов/

Conflict of interests:

The authors declare no conflict of interests

Поступила/Article received 10.04.2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Розов Роман Александрович, к.м.н., доцент кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

dr.rozov@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5804-9497>

Rozov Roman A., PhD, Associate Professor of Department Prosthodontic Dentistry and Dental Materials of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Pavlov First Saint Petersburg State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Head of the St. Petersburg State Budgetary Health Care Institution «City Dental Clinic No. 33», Saint Petersburg, Russian Federation

Трезубов Владимир Николаевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

trezubovvn@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0532-5632>

Trezubov Vladimir N., PhD, MD, DSc, Professor, Head of the Department Prosthodontic Dentistry and Dental Materials of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Pavlov First Saint Petersburg State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation

Шалагинова Анна Витальевна, студентка 5 курса кафедры ортопедической стоматологии и материаловедения с курсом ортодонтии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

achernoglasova@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0651-5262>

Shalaginova Anna V., graduate student of Department Prosthodontic Dentistry and Dental Materials of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Pavlov First Saint Petersburg State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation

Кусевский Леонид Яковлевич, д.м.н., профессор кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

stomdoc@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5739-5179>

Kusevickiy Leonid Y., PhD, MD, DSc, Professor of the Department Prosthodontic Dentistry and Dental Materials of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Pavlov First Saint Petersburg State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation