

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-130-135
УДК 616.31-085

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ КАРКАСОВ МОСТОВИДНЫХ ПРОТЕЗОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТРАДИЦИОННЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Вокулова Ю. А.¹, Жулев Е. Н.²

¹ Поликлиника № 2 Федеральной таможенной службы, г. Нижний Новгород, Россия

² Приволжский исследовательский медицинский университет, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация

Предмет. Современные цифровые технологии позволяют в значительной степени автоматизировать процесс создания мостовидных протезов. Вначале получают цифровые изображения зубных рядов пациента, затем виртуально моделируют будущий протез и изготавливают его субтрактивным методом с помощью фрезерно-шлифовальных станков либо аддитивным методом с помощью 3D-принтера. Для клинической оценки качества ортопедических несъемных конструкций, изготовленных с применением цифровых методов, необходимо оценить размерную точность этих конструкций.

Цель — провести сравнительную оценку размерной точности каркасов мостовидных протезов, изготовленных с помощью современных цифровых технологий и традиционным методом литья.

Методология. Для изучения размерной точности каркасов мостовидных протезов использовали внутриротовой лазерный сканер iTero Cadent, 3D-принтер Asiga Max UV, CAD/CAM-систему KaVo ARCTICA, программное обеспечение DentalCAD 2.2 Valletta и компьютерную программу MeshLab. Для статистического анализа полученных данных применяли Н-критерий Краскела-Уоллиса и U-критерий Манна-Уитни.

Результаты. Все цифровые методики изготовления каркасов мостовидных протезов отличаются от традиционного метода литья с уровнем значимости $p < 0,05$ по признаку размерной точности. Каркасы мостовидных протезов, изготовленных субтрактивным методом, обладают большей размерной точностью по сравнению с каркасами, полученными с применением аддитивных технологий. Статистических различий в размерной точности фрезерованных титановых и циркониевых каркасов мостовидных протезов не обнаружено.

Выводы. На основании полученных данных установлено, что каркасы мостовидных протезов, изготовленные с помощью современных цифровых технологий, обладают большей размерной точностью (среднее значение медианного расстояния фрезерованных циркониевых каркасов $0,03067 \pm 0,001234$ мм, фрезерованных титановых каркасов $0,03032 \pm 0,002698$ мм, каркасов, изготовленных с применением аддитивных технологий, $0,03686 \pm 0,003068$ мм) по сравнению с каркасами мостовидных протезов, изготовленными традиционным методом литья (среднее значение медианного расстояния $0,04342 \pm 0,003722$ мм), с уровнем значимости $p < 0,05$ (U-критерий Манна-Уитни=0, $p=0,002$).

Ключевые слова: цифровые технологии в стоматологии, цифровые оттиски, CAD/CAM, внутриротовой сканер, 3D-печать, 3D-принтер, мостовидные протезы

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Юлия Андреевна ВОКУЛОВА ORCID ID 0000-0001-5220-2032

К. м. н., заведующий стоматологическим отделением, врач-стоматолог-ортопед,
Поликлиника № 2 Федеральной таможенной службы России, Нижний Новгород, Россия
тел.: +7(930)8020190

vokulova@rambler.ru

Евгений Николаевич ЖУЛЕВ ORCID ID 0000-0001-9539-3350

Д. м. н., профессор кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Приволжский
исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия

Hrustalev54@mail.ru

Адрес для переписки: **Юлия Андреевна ВОКУЛОВА**

603098, г. Нижний Новгород, ул. ул. Артельная, д. 2

Тел.: 8-930-802-01-90

vokulova@rambler.ru

Образец цитирования:

Вокулова Ю.А., Жулев Е.Н. Сравнительная оценка размерной точности каркасов мостовидных протезов, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий. Проблемы стоматологии. 2020; 4: 130-135.

© Вокулова Ю.А. и др., 2020

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-130-135

Поступила 01.11.2020. Принята к печати 14.12.2020

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-130-135

COMPARATIVE EVALUATION OF THE DIMENSIONAL ACCURACY OF BRIDGE PROSTHESIS FRAMES MADE USING TRADITIONAL AND DIGITAL TECHNOLOGIES

Vokulova Y. A.¹, Zhulev E. N.²

¹ Polyclinic No. 2 of the Federal customs service of Russia, Nizhny Novgorod, Russia

² Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Annotation

Subject. Modern digital technologies make it possible to automate the process of creating bridges to a large extent. First, digital images of the patient's dentition are obtained, then the future prosthesis is virtually modeled and manufactured using a subtractive method using milling and grinding machines or an additive method using a 3D printer. For clinical evaluation of the quality of orthopedic fixed structures made using digital methods, it is necessary to evaluate their dimensional accuracy.

The aim is to conduct a comparative assessment of the dimensional accuracy of bridge prosthesis frames made using modern digital technologies and traditional casting method.

Methodology. The intraoral laser scanner iTero Cadent, the 3D printer Asiga Max UV, the CAD/CAM system KaVo ARCTICA, the software DentalCAD 2.2 Valletta and the computer program MeshLab were used to study the dimensional accuracy of the bridge frames. The Kruskal-Wallis H-test and the Mann-Whitney U-test were used for statistical analysis of the data obtained.

Results. All digital methods of manufacturing bridge frames are distinguishable from the traditional casting method with a significance level of $p < 0.05$ on the basis of dimensional accuracy. The frames of bridge prostheses made by the subtractive method have a higher dimensional accuracy compared to the frames obtained using additive technologies. There were no statistical differences in the dimensional accuracy of milled titanium and zirconium bridge frames.

Conclusions. Based on the data obtained, we concluded that the bridge frames made using modern digital technologies have a higher dimensional accuracy (the average value of the median distance of milled zirconium frames is $0,03067 \pm 0,001234$ mm, milled titanium frames are $0,03032 \pm 0,002698$ mm, frames made using additive technologies are $0,03686 \pm 0,003068$ mm) compared to the bridge frames made by the traditional casting method (the average value of the median distance $0,04342 \pm 0,003722$ mm), with a significance level of $p < 0,05$ (U-Mann-Whitney criterion=0, $p=0,002$).

Keywords: digital technologies in dentistry, digital impressions, CAD/CAM, intraoral scanner, 3D printing, 3D printer, bridges

The authors declare no conflict of interest.

Julia A. VOKULOVA ORCID ID 0000-0001-5220-2032

PhD in Medical sciences, head of the dental Department, orthopedic dentist, Polyclinic No. 2 of the Federal customs service of Russia, Nizhny Novgorod, Russia
vokulova@rambler.ru

Evgeny N. ZHULEV ORCID ID 0000-0001-9539-3350

Grand PhD in Medical sciences, professor of the Department of orthopedic dentistry and orthodontics, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia
Hrustalev54@mail.ru

Correspondence address: Yuliya A. VOKULOVA

603098, Nizhny Novgorod, ul. Artelnaya str., 2.

Tel.: +7(930)8020190

vokulova@rambler.ru

For citation:

Vokulova Y.A., Zhulev E.N. Comparative evaluation of the dimensional accuracy of bridge prosthesis frames made using traditional and digital technologies. *Actual problems in dentistry*. 2020; 4: 130-135. (In Russ.)

© Vokulova Y.A. et al., 2020

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-130-135

Received 01.11.2020. Accepted 14.12.2020

Введение

Цифровые технологии в последнее время нашли широкое применение при изготовлении несъемных протезов. Существует два основных цифровых метода, основанных на получении цифровых изображений зубных рядов с помощью внутриротового либо лабораторного сканера [2, 3, 7, 21, 22, 25, 26] и компьютерного моделирования будущих несъемных протезов: субтрактивный с помощью фрезерно-шлифовальных станков [1, 8, 11, 24] и аддитивный с помощью 3D-принтеров [5, 13, 16-20]. Наиболее новыми методами изготовления металлических каркасов несъемных протезов по сравнению с субтрактивным методом и с традиционной литейной технологией замены воска на сплав металла являются аддитивные цифровые технологии [6, 9, 10, 12, 14].

Для клинической оценки ортопедических несъемных конструкций, изготовленных с применением цифровых методов, наибольшее значение имеет размерная точность этих конструкций. Научных публикаций, посвященных сравнительной оценке размерной точности каркасов несъемных протезов, полученных с помощью цифровых технологий и традиционного метода, на сегодняшний день крайне мало [4], что и явилось обоснованием необходимости проведения дальнейших исследований в этом направлении.

Цель — провести сравнительную оценку размерной точности каркасов мостовидных протезов, изготовленных с помощью современных цифровых технологий и традиционным методом литья.

Материалы и методы исследования

Для изучения размерной точности каркасов мостовидных протезов нами была разработана специальная схема проведения исследования (рис. 1), в которой использовалась экспериментальная модель с включенным дефектом зубного ряда, отсутствующим первым моляром верхней челюсти и подготовлен-

ными на ней под искусственные коронки двумя опорными зубами с циркулярным уступом в виде желоба.

На первом этапе было получено 5 цифровых изображений экспериментальной модели (рис. 2А) с помощью внутриротового лазерного сканера iTero Cadent (США). В программном обеспечении DentalCAD 2.2 Valletta проводили моделирование каркасов металлокерамических мостовидных протезов с опорой на культя зубов 2.5 2.7 экспериментальной модели (рис. 2Б). Для всех каркасов при виртуальном моделировании задавали величину цементного зазора в 50 мкм.

На втором этапе на фрезерно-шлифовальном станке KaVo ARCTICA Engine изготовили 5 титановых каркасов мостовидных протезов из материала KaVo Titan Blank и 5 циркониевых каркасов мостовидных протезов из материала KaVo ARCTICA ZS.

На третьем этапе с помощью 3D-принтера Asiga Max UV были изготовлены 5 заготовок каркасов мостовидных протезов из беззольно выжигаемого фотополимерного материала Freeprint cast UV (DETAG, Германия). Затем с помощью традиционной технологии литья были получены 5 каркасов мостовидных протезов из сплава КХС.

На четвертом этапе с экспериментальной модели были получены двухслойные одноэтапные А силиконовые оттиски (Express STD, Express XT Regular Body, 3М ESPE, США) и изготовлены 5 разборных моделей из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония). Далее создавали восковые заготовки каркасов мостовидных протезов, моделировали литники, формовали в опоку, выплавляли воск и изготавливали 5 каркасов мостовидных протезов из КХС.

С помощью лабораторного оптического сканера KaVo ARCTICA AutoScan получали цифровые изображения экспериментальной модели и изготовленных в ходе исследования каркасов мостовидных протезов. В компьютерной программе MeshLab (v1.3.4Beta) проводили совмещение цифрового изображения экспериментальной модели с цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов,



Рис. 1. Схема проведения эксперимента
Fig. 1. Scheme of the experiment

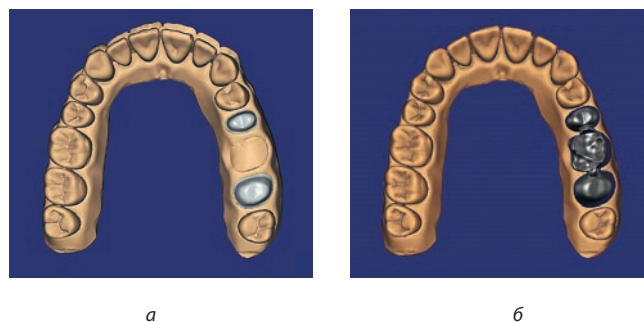


Рис. 2. А. Цифровое изображение экспериментальной модели
Б. Виртуальный каркас мостовидного протеза с опорой на 2.5, 2.7

Fig. 2. A. Digital image of the experimental model B. Virtual frame of the bridge prosthesis supported by 2.5, 2.7

полученных с помощью традиционных и цифровых технологий. Совмещение цифровых изображений в компьютерной программе MeshLab осуществляется автоматически. После наложения двух цифровых изображений программа рассчитывает медиану расстояний между виртуальными объектами.

Алгоритм сравнения в компьютерной программе MeshLab состоит в следующем. Случайным образом выбирается достаточно большое число точек на двух цифровых изображениях, равное числу вершин в одной из моделей. Для каждой точки одного цифрового изображения перебираются точки другого виртуального изображения для определения ближайшей. Расстояние между этими двумя точками запоминается. Среди всех фиксированных расстояний в программе MeshLab автоматически рассчитывается медиана между двумя цифровыми изображениями (рис. 3). В приложении к нашему исследованию размерная точность мостовидных протезов тем больше, чем меньше значение медианного расстояния между цифровыми изображениями после их совмещения. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа.

Результаты и их обсуждение

Результаты измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов, изготовленных разными методами, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов, изготовленных разными методами, мм (n – количество каркасов мостовидных протезов)

Table 1. Results of measuring the median distance between the digital image of the experimental model and digital images of bridge frames made by different methods, mm (n is the number of bridge frames)

Зуб	n	Традиционный метод	Аддитивный метод	Субтрактивный метод	
				Титановые каркасы	Циркониевые каркасы
Зуб 2.5	1	0,044056	0,039504	0,031250	0,032012
	2	0,044258	0,038246	0,025616	0,031667
	3	0,045753	0,034364	0,030754	0,030584
	4	0,041679	0,041138	0,030756	0,030285
	5	0,043024	0,031281	0,031830	0,031620
Зуб 2.7	1	0,051552	0,037266	0,027229	0,029709
	2	0,041801	0,035906	0,028736	0,030457
	3	0,044666	0,040504	0,034256	0,031792
	4	0,038979	0,035587	0,029175	0,027908
	5	0,038431	0,034813	0,033638	0,030648
Среднее значение		0,043420	0,036861	0,030324	0,030668

Визуальный анализ гистограмм (рис. 4) и описательные статистики (табл. 2) позволяют качественно оценить характеристики распределения средних значений величины медианного расстояния. На основании этих данных был сделан вывод о том, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). В связи с этим для анализа данных целесообразно было применение непараметрических статистических методов (Н-критерий Краскела-Уоллиса и U-критерий Манна-Уитни).

На основании полученных результатов было установлено, что среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями титановых каркасов мостовидных протезов, изготовленных субтрактивным методом, составляет $0,03032\pm 0,002698$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями

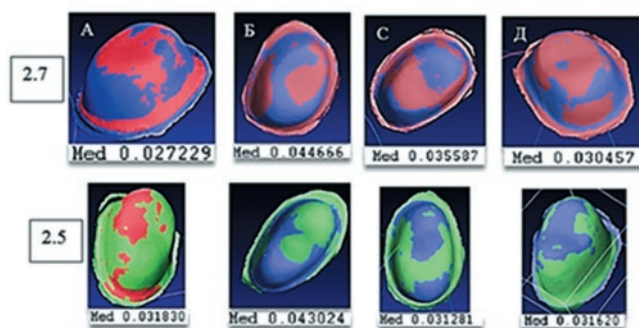


Рис. 3. Рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями культей 2.5 и 2.7 экспериментальной модели и каркасов мостовидных протезов, изготовленных разными методами: А. Субтрактивный метод (CAD/CAM ARCTICA, материал Titan Blank). Б. Традиционный метод. С. Аддитивный метод (3D-принтер Asiga). Д. Субтрактивный метод (CAD/CAM ARCTICA, материал KaVo ZS.)

Fig. 3. Working window of the MeshLab program with combined digital images of stumps 2.5 and 2.7 of the experimental model and frames of bridges made by different methods: A. Subtractive method (CAD/CAM ARCTICA, material Titan Blank). B. Traditional method. C. Additive method (3D printer Asiga). D. Subtractive method (CAD/CAM ARCTICA, material KaVo ZS.)

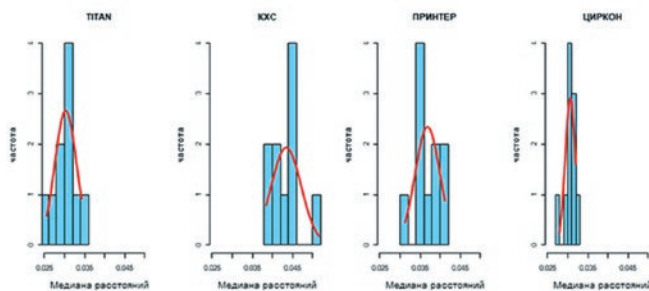


Рис. 4. Гистограммы распределения значений признака «Величина медиана расстояний»

Fig. 4. Histograms of the distribution of the value of the median distance

культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями циркониевых каркасов мостовидных протезов, изготовленных субтрактивным методом, составляет $0,03067 \pm 0,001234$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов, изготовленных с применением аддитивных технологий, составляет $0,03686 \pm 0,003068$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом литья, составляет $0,04342 \pm 0,003722$ мм. Эти данные позволили нам сделать вывод о том, что каркасы мостовидных протезов, изготовленные с помощью современных цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование, CAD/CAM-система, 3D-принтер), обладают большей размерной точностью по сравнению с каркасами мостовидных протезов, изготовленными традиционным методом

с уровнем значимости $p < 0,05$ (Н-критерий Краскела-Уоллиса=30,56, $p=0,000001$).

Далее для определения, какие группы отличаются, а какие похожи, проводили попарное сравнение всех методик, используемых для изготовления каркасов мостовидных протезов, применяя для статистического анализа U-критерий Манна-Уитни. В таблице 3 приведены значения критерия Манна-Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для каждого признака для попарного сравнения групп.

Из таблицы видно, что все цифровые методики изготовления каркасов мостовидных протезов отличаются от традиционного метода с уровнем значимости $p < 0,05$ по признаку «величина медианы расстояний». Каркасы мостовидных протезов, изготовленных субтрактивным методом, обладают большей размерной точностью по сравнению с каркасами, полученными с применением аддитивных технологий, с уровнем значимости $p < 0,05$. Мы не выявили статистических различий в размерной точности фрезерованных титановых и циркониевых каркасов мостовидных протезов.

Таблица 2

Описательные статистики распределения значений величин медианы расстояний
(n — количество каркасов искусственных коронок)

Table 2. Descriptive statistics of the distribution of values of the median distance value (n is the number of frames of artificial crowns)

Метод изготовления каркасов мостовидных протезов		n	Среднее \pm стандартное отклонение	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль	Стандартная ошибка среднего
Субтрактивный метод	Титановые каркасы	10	$0,03032 \pm 0,002698$	0,0308	0,0256	0,0343	0,0289	0,0317	0,0009
	Циркониевые каркасы	10	$0,03067 \pm 0,001234$	0,0306	0,0279	0,0320	0,0303	0,0317	0,0004
Аддитивный метод		10	$0,03686 \pm 0,003068$	0,0366	0,0313	0,0411	0,0350	0,0392	0,0010
Традиционная техника		10	$0,04342 \pm 0,003722$	0,0435	0,0384	0,0516	0,0417	0,0446	0,0012
Для всех случаев		40	$0,03532 \pm 0,006065$	0,0340	0,0256	0,0516	0,0307	0,0398	0,0010

Таблица 3

Результаты сравнения цифровых методик изготовления каркасов мостовидных протезов с традиционным методом литья по признаку «Величина медианы расстояний»

Table 3. Results of comparison of digital methods for manufacturing bridge frames with the traditional casting method based on «The value of the median distance»

Сравниваемые группы	U-критерий Манна-Уитни	p
Традиционная техника — фрезерованные титановые каркасы мостовидных протезов	0	0,00001***
Аддитивный метод — фрезерованные титановые каркасы мостовидных протезов	3	0,00008***
Фрезерованные титановые каркасы мостовидных протезов — фрезерованные циркониевые каркасы мостовидных протезов	49	0,971
Традиционная техника — аддитивный метод	94	0,0003***
Традиционная техника — фрезерованные циркониевые каркасы мостовидных протезов	100	0,00001***
Аддитивный метод — фрезерованные циркониевые каркасы мостовидных протезов	96	0,0001***

*** — наличие статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,001$

В этом плане представляют интерес исследования иностранных авторов, занимающихся изучением данной проблемы. В частности, A. Izadi et al. [23] в своей работе пришли к выводу, что не существует статистически значимых различий в размерной точности кобальтохромовых каркасов искусственных коронок, изготовленных по двум различным технологиям: CAD/CAM фрезерование и традиционное литье, что существенно отличается от данных, полученных нами в представленной работе.

Выводы

Результаты нашего исследования свидетельствуют о более высокой размерной точности каркасов мостовидных протезов, изготовленных с помощью современных цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование, CAD/CAM-система и 3D-принтер), по сравнению с каркасами, изготовленными по традиционной технологии литья с уровнем значимости $p < 0,05$ (Н-критерий Краскелла-Уоллиса = 30,56, $p = 0,000001$).

Список литературы / References

1. Алиева С.С. Результаты краевой адаптации монолитных коронок из диоксида циркония. Проблемы стоматологии. 2019; 15; 3:133-138. [S.S. Alieva. Results of edge adaptation of monolithic zirconia crowns. Actual problems in dentistry. 2019; 15; 3:133-138. (In Russ.)]. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41212356>
2. Вокулова Ю.А. Разработка и внедрение цифровых технологий при ортопедическом лечении с применением несъемных протезов зубов: автореф. дис. ... кандидата медицинских наук. 14.01.14 / Нижний Новгород, 2017: 22. [Yu.A. Vokulova. Development and implementation of digital technologies in orthopedic treatment with the use of non-removable dentures: autoref. dis. ... candidate of medical Sciences. 14.01.14 / Nizhny Novgorod, 2017: 22. (In Russ.)].
3. Жулев Е.Н., Вокулова Ю.А. Изучение размерной точности внутреннего прилегания искусственных коронок к культе опорного зуба и цифровых оттисков в эксперименте. Кубанский научный медицинский вестник. 2016; 6 (161):58-62. [E.N. Zhulev, Y.A. Vokulova. Study precision internal fit of artificial crowns to the cult of the reference tooth and the dimensional accuracy of digital impressions in the experiment. Kubanskiy Nauchnyi Meditsinskii Vestnik. 2016; 6 (161):58-62. (In Russ.)].
4. Жулев Е.Н., Вокулова Ю.А. Изучение размерной точности искусственных коронок, изготовленных с помощью CAD/CAM системы и 3D принтера. Znanstvena misel. 2020; 2; 40: 20-25. [E.N. Zhulev, Y.A. Vokulova. Studying the dimensional accuracy of artificial crowns made using a cad/cam system and a 3D printer. Znanstvena misel. 2020; 2; 40: 20-25.]. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42629846>
5. Карякин Н.Н., Горбатов Р.О. 3D-печать в медицине. Москва : ГЭОТАР-Медиа. 2019: 240. [N.N. Karyakin, R.O. Gorbatov. 3D printing in medicine. Moscow: GEOTAR-Media. 2019: 240. (In Russ.)].
6. Марксскорс Р. Несъемные стоматологические реставрации. Москва : Информационное агентство Newdent. 2007:368. [R. Marks Kors. Non-removable dental restoration. Moscow : Informationsnoe agentstvo Newdent. 2007:368. (In Russ.)].
7. Мирзоева М.С. Использование сканирования в ортопедической стоматологии — Обзор литературы. Проблемы стоматологии. 2017; 13; 1:31-34. [M.S. Mirzoeva. Application of scanning technologies in orthopedic dentistry: a review. Actual problems in dentistry. 2017; 13; 1:31-34. (In Russ.)].
8. Наумович С.С., Разоренов А.Н. CAD/CAM системы в стоматологии: современное состояние и перспективы развития. Современная стоматология. 2016; 4:2-9. [S.S. Naumovich, A.N. Razorenov. CAD/CAM systems in dentistry: current state and perspectives of development. Modern dentistry. 2016; 4:2-9. (In Russ.)].
9. Лебеденко И.Ю., Арутюнов С.Д., Ряховский А.Н. Ортопедическая стоматология. Национальное руководство. Москва : ГЭОТАР-Медиа. 2016: 824. [I.Yu. Lebedenko, S.D. Arutyunov, A.N. Ryahovskij. Orthopedic dentistry. National guide. Moscow: GEOTAR-Media. 2016: 824. (In Russ.)].
10. Розенштиль С.Ф., Лэнд М.Р., Фуджимото Ю. Ортопедическое лечение несъемными протезами. Москва: Медпресс. 2010: 940. [S.F. Rozenshtil', M.R. Lend, Yu. Fudzhimoto. Orthopedic treatment with fixed prostheses. Moscow : Medpress. 2010: 940. (In Russ.)].
11. Ряховский А.Н. Цифровая стоматология. Москва : Авантис. 2010:282. [A.N. Ryahovskij. Digital dentistry. Moscow: Avantis. 2010:282. (In Russ.)].
12. Смит Б., Хой Л. Коронки и мостовидные протезы в ортопедической стоматологии. Пер. с англ. Под общ. ред. Е.Ю. Новикова. Москва : МЕДпресс-информ. 2010:344. [B. Smit, L. Hou. Crowns and bridges in orthopedic dentistry. Trans. from English. Under the General ed. E. Yu. Novikov. Moscow : Medpress-inform. 2010:344. (In Russ.)].
13. Шустова В.А., Шустов М.А. Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии. Санкт-Петербург : СпецЛит. 2016:159. [V.A. Shustova, M.A. Shustov. Application of 3D technologies in orthopedic dentistry. Saint Petersburg: Spetslit. 2016:159. (In Russ.)].
14. Массирони Д., Пасчетта Р., Ромео Д. Точность и эстетика. Клинические и зуботехнические этапы протезирования зубов. Москва : ИД Азбука. 2008:464. [D. Massironi, R. Paschetta, D. Romeo. Precision and dental aesthetics. Clinical and laboratory procedures. Moscow: Azbuka publishing House. 2008:464. (In Russ.)].
15. Фрадеани М., Бардуччи Д. Эстетическая реабилитация несъемными ортопедическими конструкциями. Т.2. Москва : ИД Азбука. 2010:600. [M. Fradeani, D. Barduchchi. Aesthetic rehabilitation in fixed prosthodontics. Vol. 2. Moscow : Azbuka publishing House. 2010:600. (In Russ.)].
16. Dawood A. et al. 3D printing in dentistry // Br Dent J. — 2015; 219; 11: 521-529. DOI: 10.1038 / sj.bdj.2015.914
17. Gunpreet Oberoi et al. 3D Printing—Encompassing the Facets of Dentistry // Front Bioeng Biotechnol. — 2018; 6:172. DOI: 10.3389 / fbioe.2018.00172
18. Garcia J. et al. 3D printing materials and their use in medical education: a review of current technology and trends for the future // BMJ Simul Technol Enhanc Learn. — 2018; 14; 1:27-40. doi:10.1136/bmjstel-2017-000234
19. Chung Y.J. et al. 3D Printing of Resin Material for Denture Artificial Teeth: Chipping and Indirect Tensile Fracture Resistance // Materials (Basel). — 2018; 11; 10:E1798. DOI: 10.3390 / ma11101798
20. Hui-Fang Z., Jianjiang Z., Yong W. 3D printing technology in oral medicine in the field of application // China Medical Equipment. — 2015; 30 (5):63-65. DOI: 10.7502 / j.issn.1674-3962.2016.05.08
21. Kim S.Y. et al. Accuracy of dies captured by an intraoral digital impression system using parallel confocal imaging // Int J Prosthodont. — 2013; 26 (2):161-163. doi: 10.11607/ijp.3014.
22. Birnbaum N., Aaronson H. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality // Compend Contin Educ Dent. — 2008; 29; 8:498-505.
23. Izadi A. et al. Evaluation of dimensional accuracy of dental bridges manufactured with conventional casting technique and CAD/CAM system with Ceramill Sintron blocks using CMM // J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. — 2018; 2; 4:264-271.
24. Lee Wan-Sun, Lee Du-Hyeong, Lee Kyu-Bok. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system // J Adv Prosthodont. — 2017; 9:265-270. DOI: 10.4047 / jap.2017.9.4.265
25. Flugge T. et al. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. — 2013; 144; 3:471-478. DOI: 10.1016 / j.ajodo.2013.04.017
26. Patzelt S. et al. The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study // J Am Dent Assoc. — 2014; 145; 6:542-551.