

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ИСКУССТВЕННЫХ КОРОНОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ CAD/CAM СИСТЕМЫ И 3D ПРИНТЕРА ПО ТЕХНОЛОГИИ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ

Е.Н. ЖУЛЕВ*, Ю.А. ВОКУЛОВА**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, пл. Минина и Пожарского, д.10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Россия, e-mail: rector@gmannov.ru

**Федеральное государственное казенное учреждение «Поликлиника № 2 Федеральной таможенной службы России», ул. Артельная, д. 2, г. Нижний Новгород, 603098, Россия, e-mail: vokulova@rambler.ru

Аннотация. Цель исследования – провести сравнительную оценку качества внутреннего прилегания искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D принтера *Asiga Max UV* из фотополимерного материала *NextDent C&B MFH* и CAD/CAM-системы *KaVo ARCTICA* и из материала для временных ортопедических конструкций *VITA CAD-Temp monochrom*. **Материалы и методы исследования.** Для изучения внутреннего прилегания искусственных коронок, полученных с применением современных цифровых технологий, использовали внутриротовой лазерный сканер *iTero Cadent*, программное обеспечение *DentalCAD 2.2 Valletta* и компьютерную программу *MeshLab*. Для статистического анализа полученных данных применяли непараметрический критерий Уилкоксона-Манна-Уитни для. Среднее значение величины цементного зазора между искусственной короной и культей зуба экспериментальной модели в обеих группах составило 0,044 мм. Мы пришли к выводу, что размерная точность внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с помощью CAD/CAM-системы *KaVo ARCTICA* и 3D принтера *Asiga Max UV* статистически неразличима с уровнем значимости $p < 0.05$ (V-критерий Уилкоксона для связанных выборок=23, $p=0.413$). **Результаты и их обсуждение.** Визуальный анализ полученных нами данных позволяет качественно оценить характеристики распределения случайных величин. При этом мы получили возможность сделать вывод о том, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия, мультимодальность). Поэтому для анализа полученных данных применяли непараметрический критерий Уилкоксона-Манна-Уитни для связанных выборок. В данном исследовании в качестве критического был принят уровень значимости $p=0.05$. **Заключение.** Результаты данного эксперимента по изучению размерной точности внутреннего прилегания временных искусственных коронок, созданных с помощью современных цифровых технологий, являются перспективной основой для дальнейших клинических исследований.

Ключевые слова: цифровые оттиски, CAD/CAM, внутриротовой сканер, 3D печать, внутреннее прилегание искусственных коронок.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF DIMENSIONAL ACCURACY OF ARTIFICIAL CROWNS MADE WITH CAD / CAM SYSTEM AND 3D PRINTER USING STEREOLITHOGRAPHY TECHNOLOGY

E.N. ZHULEV*, Yu.A. VOKULOVA**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Minin and Pozharsky, 10/1, Nizhny Novgorod, 603950, Russia, e-mail: rector@gmannov.ru

**Federal state official institution "Polyclinic No. 2 of the Federal customs service of Russia". Artelnaya Str. 2, Nizhny Novgorod, 603098, Russia, e-mail: vokulova@rambler.ru

Abstract. The aim of the study was to conduct a comparative assessment of the quality of the internal fit of artificial crowns made with the help of 3D printer *Asiga Max UV* from the photopolymer material *NextDent C&B MFH* and CAD / CAM-system *KaVo ARCTICA* and from the material for temporary orthopedic structures *VITA CAD-Temp monochrome*. Intraoral laser scanner *iTero Cadent*, software *DentalCAD 2.2 Valletta* and computer program *MeshLab* were used to study the internal fit of artificial crowns obtained with the use of modern digital technologies. The non-parametric Wilcoxon-Mann-Whitney test is for statistic analysis. The average value of the cement gap between the artificial crown and the tooth stump of the experimental model in both groups was 0.044 mm. We concluded that the dimensional accuracy of the internal fit of temporary artificial

crowns made with the help of CAD / CAM-system KaVo ARCTICA and 3D printer Asiga Max UV is statistically indistinguishable from the level of significance $p < 0.05$ (V-Wilcoxon criterion for related samples=23, $p=0.413$). The results of this experiment to study the dimensional accuracy of the internal fit of temporary artificial crowns created with the help of modern digital technologies are a promising basis for further clinical studies.

Keywords: digital impressions, CAD/CAM, intraoral scanner, 3D printing, the internal fit of crowns.

Введение. Одним из основных факторов, сокращающих срок пользования несъемными протезами, является плохое качество внутреннего прилегания коронок к тканям зуба. Образование краевого зазора между культей препарированного зуба и краем коронки часто приводит к развитию кариеса и разрушению фиксирующего протез цемента [4]. В настоящее время появилась возможность получать цифровые оттиски зубных рядов по методике внутриротового лазерного сканирования [1, 2, 5], которые позволяют создавать трехмерные виртуальные изображения препарированных зубов, пригодные для изготовления непрямых реставраций зубов с помощью CAD/CAM-систем и 3D принтеров [1-3, 5]. Научных публикаций, посвященных изучению внутреннего прилегания искусственных коронок, полученных с помощью метода быстрого прототипирования по технологии стереолитографии (SLA) крайне мало, что и явилось обоснованием необходимости проведения дальнейших исследований в этом направлении [6].

Цель исследования – провести сравнительную оценку качества внутреннего прилегания искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D принтера *Asiga Max UV* и CAD/CAM-системы *KaVo ARCTICA*.

Материалы и методы исследования. Для изучения точности прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D принтера и CAD/CAM-системы, нами была разработана специальная схема проведения исследования (рис. 1), в которой была использована экспериментальная модель с подготовленными на ней под искусственные коронки 11 зубами с циркулярным уступом в виде желоба.

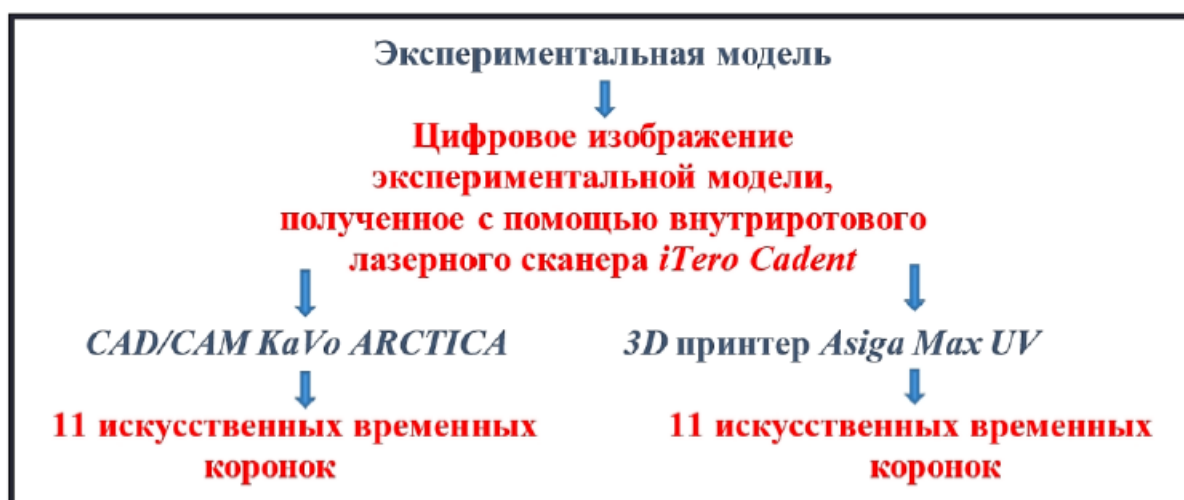


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

На первом этапе с помощью внутриротового лазерного сканера *iTero Cadent* (США) (рис. 2А) было получено цифровое изображение экспериментальной модели (рис. 2Б). В программном обеспечении *DentalCAD 2.2 Valletta* проводили моделирование искусственных коронок. Величина цементного зазора во всех случаях создавалась в 0.05 мм.

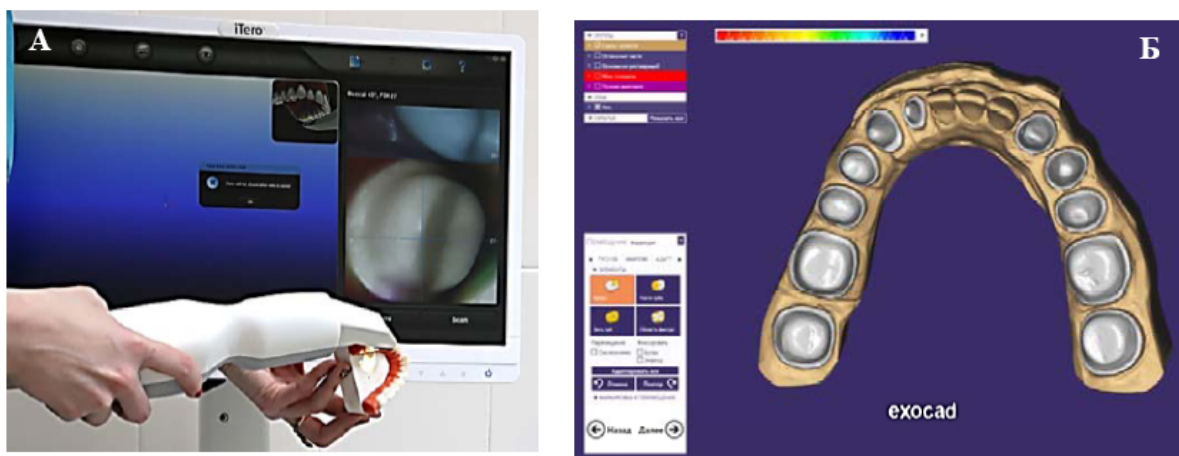


Рис. 2. А. Сканирование экспериментальной модели внутриворотным сканером *iTero CADENT* (США).
Б. Цифровое изображение экспериментальной модели

На втором этапе из полиметилметакрилата *VITA CAD-Temp monocolor* в фрезерно-шлифовальном станке *KaVo ARCTICA Engine* (рис. 3А) были изготовлены 11 временных искусственных коронок (рис. 3Б).

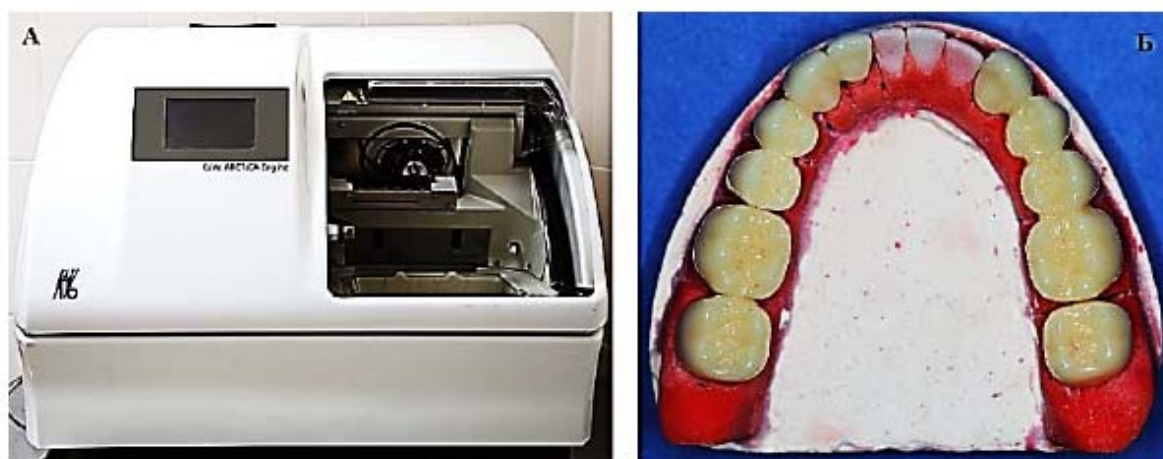


Рис. 3. А. Фрезерно-шлифовальный станок *KaVo ARCTICA Engine*. Б. Временные искусственные коронки, изготовленные из полиметилметакрилата *VITA CAD-Temp monocolor*



Рис. 4. А. 3D принтер *Asiga Max UV*. Б. Временные искусственные коронки, изготовленные из микронаполненного гибридного материала *NextDent C&B MFH*

На третьем этапе с помощью 3D принтера *Asiga Max UV* (рис. 4А) были изготовлены 11 искусственных коронок из биологически совместимого микронаполненного гибридного материала *NextDent C&B MFH* по технологии *SLA* (рис. 4Б).

Далее с помощью лабораторного оптического сканера *KaVo ARCTICA AutoScan* получали цифровые изображения экспериментальной модели и всех полученных в ходе исследования временных искусственных коронок. В программном обеспечении *KaVo multiCAD* каждое полученное цифровое изображение разрежали с сохранением 11 виртуальных искусственных коронок. В компьютерной программе *MeshLab (v1.3.4Beta)* проводили совмещение цифровых изображений культей зубов экспериментальной модели с цифровыми изображениями искусственных коронок, полученных с помощью *CAD/CAM*-системы *KaVo ARCTICA* и с цифровыми изображениями искусственных коронок, созданных на 3D принтере *Asiga Max UV* по технологии *SLA*. Совмещение цифровых изображений осуществляется автоматически: программа *MeshLab* в трехмерной системе координат самостоятельно распознает идентичные точки, по которым и происходит наложение двух исследуемых 3D объектов. После наложения двух цифровых изображений, программа *MeshLab* автоматически рассчитывает максимальное, минимальное, среднее арифметическое и среднее значение расхождения между виртуальными изображениями (медиана). В качестве меры среднего расхождения между двумя совмещенными цифровыми изображениями выбрали медиану (рис. 5). В приложении к нашему исследованию, медиана соответствует величине цементного зазора между искусственной короной и препарированной культей зуба.

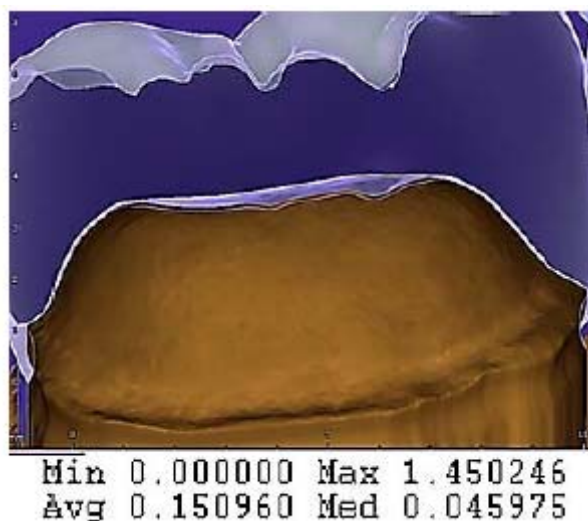


Рис. 5. Рабочее окно программы *MeshLab* с совмещенными цифровыми изображениями культей зуба экспериментальной модели и временной коронки (фронтальный разрез) и средним значением расхождения между ними (*Med* 0,045975)

Результаты и их обсуждение. Визуальный анализ полученных нами данных с помощью гистограмм позволяет качественно оценить характеристики распределения случайных величин (рис. 6). При этом мы получили возможность сделать вывод о том, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия, мультимодальность). Поэтому для анализа полученных данных применяли непараметрический критерий Уилкоксона-Манна-Уитни для связанных выборок. В данном исследовании в качестве критического был принят уровень значимости $p=0.05$.

Метрика Хаусдорфа используется при оценке точности совмещенных трехмерных моделей как мера расстояния между виртуальными изображениями

Нами было выявлено, что среднее значение величины цементного зазора между культей зуба и искусственной короной, изготовленной в фрезерно-шлифовальном станке *KaVo ARCTICA Engine* из блока *VITA CAD-Temp monocolor* составляет 0,044 мм и среднее значение величины цементного зазора между культей зуба и искусственной короной, изготовленной в 3D принтере *Asiga Max UV* из фотополимерного материала *NextDent C&B MFH*, составляет 0,044 мм. На основании этих данных мы пришли к выводу, что размерная точность внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с помощью современных цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование, *CAD/CAM*-система, 3D принтер) статистически неразличима с уровнем значимости $p<0.05$ (*V*-критерий Уилкоксона для связанных выборок=23, $p=0.413$).

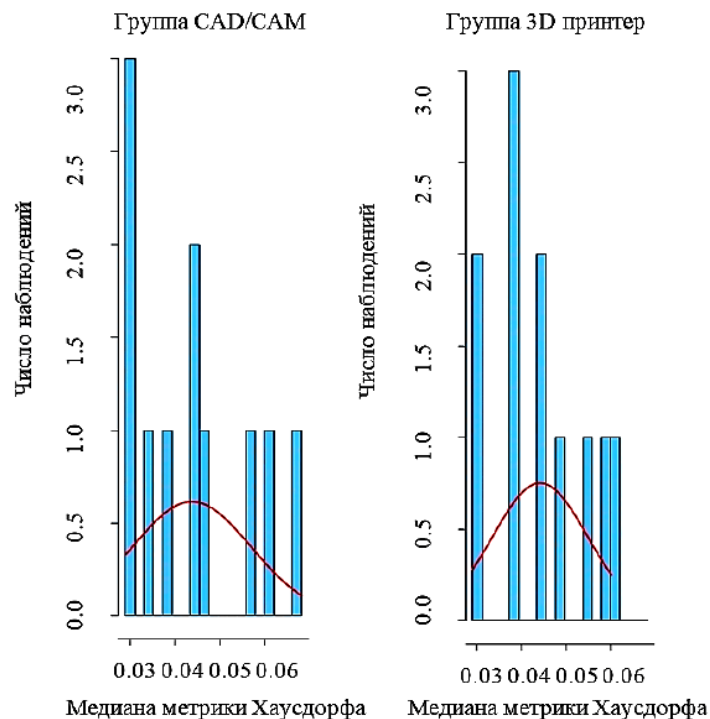


Рис.6. Распределение медианы метрики Хаусдорфа

В плане нашего исследования представляют интерес данные иностранных авторов, занимающихся изучением этого вопроса. В частности, *W.S. Lee* с соавт. [6] в своем исследовании выявили статистически значимые различия в размерной точности внутреннего прилегания искусственных коронок, изготовленных с помощью *CAD/CAM*-системы *Zirkonzahn* и двух *3D* принтеров *Stratasys* и *Dentis*. Авторы пришли к выводу, что, в приложении к данному оборудованию, метод *3D*-печати обладает большей размерной точностью в сравнении с методом фрезерования. На наш взгляд, различия в полученных результатах, объясняются прежде всего тем, что, во-первых, применялись разные *CAD/CAM*-системы и *3D* принтеры. Мы использовали для получения цифрового изображения экспериментальной модели внутриворотковой сканер, зарубежные же авторы сканировали гипсовую модель, полученную по однослойному одноэтапному полиэфирному оттиску экспериментальной модели, лабораторным сканером. Во-вторых, наша цифровая методика изучения внутреннего прилегания искусственных коронок к культе зуба с помощью компьютерной программы *MeshLab* сводит к минимуму погрешность измерений, в отличие от традиционной методики измерения цементного зазора на шлифах культы зуба с фиксированной коронкой, которую применяли иностранные исследователи.

Заключение. Результаты нашего исследования свидетельствуют о высокой размерной точности внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с помощью современных цифровых технологий (*CAD/CAM*-систем и *3D* принтеров), имеют большое практическое значение и являются перспективной основой для дальнейших клинических исследований в этом направлении.

Литература

1. Вокулова Ю.А., Жулев Е.Н. Оценка точности получения оттисков зубных рядов с применением технологии лазерного сканирования // Современные проблемы науки и образования. 2016. №5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25447>.
2. Жулев Е.Н., Вокулова Ю.А. Сравнительная оценка размерной точности оттисков в эксперименте // Dental Forum. 2017. № 1. С. 38–42.
3. Карякин Н.Н., Горбатов Р.О. *3D*-печать в медицине. Москва: ГЭОТАР–Медиа, 2019. 240 с.
4. Ортопедическая стоматология: национальное руководство / под ред. И.Ю. Лебедеко, С.Д. Арутюнова, А.Н. Ряховского. Москва: ГЭОТАР–Медиа, 2016. 824 с.
5. Шустова В.А., Шустов М.А. Применение *3D*-технологий в ортопедической стоматологии. Санкт-Петербург: СпецЛит; 2016. 159 с.

6. Lee W.S., Lee D.H., Lee K.B. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system // J Adv Prosthodont. 2017. N9. P. 265-270. DOI:10.4047/jap.2017.9.4.265.

References

1. Vokulova YuA, Zhulev EN. Otsenka tochnosti polucheniya ottiskov zubnykh ryadov s primeneniem tekhnologii lazernogo skanirovaniya [Evaluation of the accuracy of obtaining impressions of the dentition with the use of technology of laser scanning]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2016;5. Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25447>. Russian.

2. Zhulev EN, Vokulova YuA. Sravnitel'naya otsenka razmernoi tochnosti ottiskov v eksperimente [Comparative evaluation of dimensional accuracy of impressions in the experiment]. *Dental Forum*. 2017;1:38-42. Russian.

3. Karyakin NN, Gorbatov RO. 3D-pechat' v meditsine [3D printing in medicine]. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. Russian.

4. Lebedenko IYu, Arutyunov SD, Ryakhovskii AN. Ortopedicheskaya stomatologiya: natsional'noe rukovodstvo [Prosthetic dentistry: a national guide]. Moscow: GEOTAR-Media; 2016. Russian.

5. Shustova VA, Shustov MA. Primenenie 3D-tekhnologii v ortopedicheskoi stomatologii. [Application of 3D-technologies in orthopedic dentistry]. Sankt-Peterburg: SpetsLit; 2016. Russian.

6. Lee WS, Lee DH, Lee KB. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system. *J Adv Prosthodont*. 2017;9:265-70. DOI:10.4047/jap.2017.9.4.265.

Библиографическая ссылка:

Жулев Е.Н., Вокулова Ю.А. Сравнительная оценка размерной точности искусственных коронок, изготовленных с помощью *Cad/Cam* системы и 3d принтера по технологии стереолитографии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2020. №3. Публикация 1-6. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-3/1-6.pdf> (дата обращения: 28.05.2020). DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16637*

Bibliographic reference:

Zhulev EN, Vokulova YuA. Sravnitel'naya ocenka razmernoj tochnosti iskusstvennykh koronok, izgotovlennykh s pomoshh'ju *Cad/Cam* sistemy i 3D printera po tekhnologii stereolitografii [Comparative assessment of dimensional accuracy of artificial crowns made with *Cad / Cam* system and 3D printer using stereolithography technology]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2020 [cited 2020 May 28];3 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-3/1-6.pdf>. DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16637

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-3/e2020-3.pdf>