

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ВРЕМЕННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ КРОНОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТРАДИЦИОННЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

METHODS FOR STUDYING THE DIMENSIONAL ACCURACY OF TEMPORARY ARTIFICIAL CROWNS MADE USING TRADITIONAL AND DIGITAL TECHNOLOGIES

**E. Zhulev
J. Vokulova**

Summary. The aim of the study was to study the dimensional accuracy of temporary artificial crowns made using the Asiga Max UV 3D printer, the KaVo ARCTICA CAD/CAM system, using digital images of the experimental model obtained by the intraoral laser scanner iTero Cadent and temporary artificial crowns made by the laboratory method of hot polymerization. The dimensional accuracy of artificial crowns was studied using the computer program MeshLab. The Friedman criterion was used for statistical analysis of the obtained data. The results of our research indicate a high dimensional accuracy of temporary artificial crowns made using modern digital technologies (CAD/CAM systems, intraoral laser scanning and 3D printer), compared to artificial crowns made by the traditional method of hot polymerization of acrylic plastic with a significance level of $p < 0,05$.

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

Жулев Евгений Николаевич

Заслуженный работник высшей школы РФ, д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород

hrustalev54@mail.ru

Вокулова Юлия Андреевна

К.м.н., врач стоматолог — ортопед, ФГКУ «Поликлиника № 2 Федеральной таможенной службы России», Нижний Новгород
vokulova@rambler.ru

Аннотация. Целью исследования было изучение размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с применением 3D принтера Asiga Max UV, CAD/CAM-системы KaVo ARCTICA, по цифровым изображениям экспериментальной модели, полученным внутриротовым лазерным сканером iTero Cadent и временных искусственных коронок, изготовленных лабораторным методом с применением горячей полимеризации. Размерную точность искусственных коронок изучали с помощью компьютерной программы MeshLab. Для статистического анализа полученных данных применяли критерий Фридмана. Результаты нашего исследования свидетельствуют о высокой размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью современных цифровых технологий (CAD/CAM-системы, внутриротового лазерного сканирования и 3D принтера), превосходящей искусственные коронки, изготовленные традиционным методом с использованием горячей полимеризации акриловой пластмассы ($p < 0,05$).

Ключевые слова: цифровые технологии в стоматологии, цифровые оттиски, CAD/CAM, внутриротовой сканер, 3D печать.

Введение

В настоящее время приоритетным способом изготовления несъемного зубного протеза признаны цифровые технологии. Внутриротовые сканеры, различные CAD/CAM-системы и 3D принтеры активно используются в ортопедической стоматологии при изготовлении ортопедических конструкций [1, 2, 3, 4, 6, 7]. Изготовление временных конструкций протезов является неотъемлемой частью ортопедического лечения. В частности, временный протез защищает подготовленные зубы от проникновения бактерий полости рта в дентинные каналы и пульпу, внешнего воздействия химических и температурных факторов, формирует

десневой контур прорезывания при опоре на имплантаты, препятствует перемещению зубов в период протезирования [5]. В предыдущих исследованиях имеются сообщения о размерной точности временных несъемных протезов, полученных с помощью различных CAD/CAM-систем и сравнении субтрактивного метода изготовления искусственных коронок с лабораторным методом с использованием горячей полимеризации акриловой пластмассы [1, 9, 10]. В то же время малочисленность и различия в полученных разными авторами данных о размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D принтеров, явилось обоснованием проведения настоящего исследования.

Цель исследования

Изучить размерную точность временных искусственных коронок, изготовленных с применением 3D принтера Asiga Max UV, CAD/CAM-системы KaVo ARCTICA, и временных искусственных коронок, изготовленных лабораторным методом с использованием горячей полимеризации акриловой пластмассы.

Материалы и методы исследования

Для изучения размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий, нами была разработана специальная схема проведения исследования (рис. 1), в которой использовалась экспериментальная модель (рис. 2) с подготовленным под искусственную коронку зубом с циркулярным уступом в виде желоба.

На первом этапе было получено 10 цифровых изображений экспериментальной модели с помощью внутриворотного лазерного сканера iTero Cadent (США). В программном обеспечении DentalCAD2.2 Valletta проводили моделирование временных искусственных коронок для культы зуба 2.7 экспериментальной модели. Для всех искусственных коронок при виртуальном моделировании задавали величину цементного зазора 50 мкм.

На втором этапе из полиметилметакрилата VITA CAD-Temp monocolour в фрезерно-шлифовальном станке KaVo ARCTICA Engine изготовили 10 временных искусственных коронок. На третьем этапе с помощью 3D принтера Asiga Max UV были изготовлены 10 искусственных коронок из биологически совместимого микронаполненного гибридного материала NextDent C&B MFH.

На третьем этапе с экспериментальной модели были получены двухслойные одноэтапные А — силиконовые оттиски (Express STD, Express XT Regular Body, 3M ESPE, США) и изготовлены 10 разборных моделей из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония), на которых создавали восковые заготовки искусственных коронок методом погружения до получения необходимой толщины. Затем моделировали литники, восковую репродукцию формовали в опоку, выплавляли воск и методом горячей полимеризации изготавливали 10 временных искусственных коронок из акриловой пластмассы СинмаМ.

На четвертом этапе с помощью лабораторного оптического сканера KaVo ARCTICA AutoScan получали цифровые изображения экспериментальной модели и полученных в ходе исследования временных искусственных коронок. В компьютерной программе MeshLab проводили совмещение цифрового изображения культы зуба экспериментальной модели с цифровыми изобра-

жениями искусственных коронок, полученными с помощью CAD/CAM KaVo ARCTICA, с цифровыми изображениями искусственных коронок, созданных с помощью 3D принтера Asiga Max UV и с цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленными лабораторным методом без использования цифровых технологий. Совмещение цифровых изображений в компьютерной программе MeshLab осуществляется автоматически. После наложения двух цифровых изображений, программа рассчитывает «медиану расстояний» между цифровыми 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 запомненных расстояний в программе MeshLab автоматически рассчитывается медиана расстояний между двумя цифровыми изображениями. В приложении к нашему исследованию размерная точность искусственных коронок будет тем больше, чем меньше значение «медианного расстояния» между цифровыми изображениями после их совмещения. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

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

Для анализа полученных результатов применяли критерий Фридмана. Критерий Фридмана позволяет установить, что величины показателей изменяются от условия к условию, но при этом не указывает на направление изменений. Критерий Фридмана является обобщением критерия Уилкоксона на большее чем два количество условий измерения, в котором мы ранжируем не абсолютные величины сдвигов, а сами индивидуальные значения измерений. Нулевую гипотезу при статистическом анализе обозначили следующим образом $H_0 = \{\text{между полученными в разных условиях показателями существуют лишь случайные различия}\}$.

В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0166667$, т.е. вероятность ошибочного признания различий значимыми меньше 0,0166667. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0166667 = 0,05 /$

Таблица 1. Результаты измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных разными методами, мм (n – количество каркасов искусственных коронок)

n	CAD/CAM	3D Принтер	Традиционная техника
1	0,037514	0,033102	0,062912
2	0,030418	0,032247	0,055099
3	0,025269	0,033476	0,050735
4	0,024048	0,025326	0,062744
5	0,029457	0,034582	0,075111
6	0,038979	0,029457	0,047642
7	0,025635	0,034323	0,060814
8	0,026552	0,028036	0,075706
9	0,033283	0,032032	0,086157
10	0,030273	0,020313	0,059525
Среднее значение	0,030143	0,030289	0,063645

Таблица 2. Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний (n – количество каркасов искусственных коронок)

Метод получения коронок	n	Среднее ± стандартное отклонение	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль	Стандартная ошибка среднего
CAD/CAM	10	0,030 ± 0,005	0,030	0,024	0,039	0,026	0,033	0,002
3D принтер	10	0,030 ± 0,0046	0,032	0,020	0,035	0,028	0,033	0,001
Традиционная техника	10	0,064 ± 0,012	0,062	0,048	0,086	0,056	0,072	0,004

Таблица 3. Результаты попарного сравнения групп

Сравниваемые группы	p
CAD/CAM - 3D принтер	0,718636731572
Традиционная техника - 3D принтер	0,000000162848
Традиционная техника - CAD/CAM	0,000000001315

3, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 3 — число сравнений.

Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний представлены в таблице 2.

Различия величин медианы расстояний цифровых изображений временных искусственных коронок, изготовленных различными методами, можно признать статистически значимыми на уровне $p < 0,0166667$ (критерий Фридмана $S = 45,600000$, $p = 0,000000$). Далее проводили попарное сравнение всех цифровых методик, применяемых для изготовления временных искусственных коронок, с традиционным методом горячей полимеризации пластмассы и цифровых методик между собой (табл. 3, рис. 3).

Из таблицы 3 и рисунка 3 видно, что цифровые методики изготовления временных искусственных коронок различимы от традиционного метода горячей полимеризации с уровнем значимости $p < 0,0166667$ по признаку «Величина медианы расстояний». Статистических различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью CAD/CAM системы и 3D принтера не обнаружено.

На основании полученных данных было установлено, что среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культи экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных с помощью CAD/CAM-системы KaVo ARCTICA, составляет $0,030 \pm 0,005$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культи экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок,

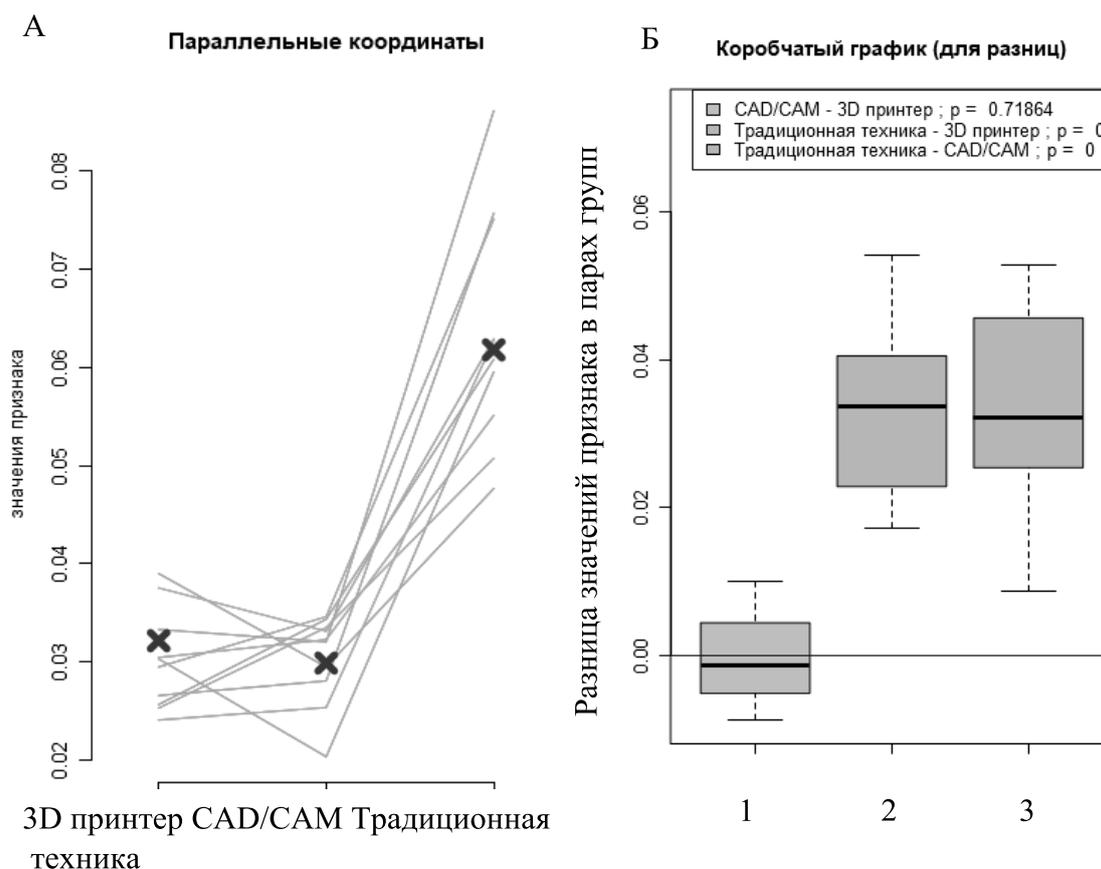


Рис. 3. Анализ различий значений признака «Величина медианы расстояний». А. Диаграмма с параллельными координатами. Б. Коробчатый график для попарно сравниваемых групп: 1 — CAD/CAM — 3D принтер; 2 — Традиционная техника — CAD/CAM; 3 — Традиционная техника — 3D принтер

изготовленных с применением 3D принтера Asiga Max UV, составляет $0,030 \pm 0,0046$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культи экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных по лабораторному методу без применения цифровых технологий, составляет $0,064 \pm 0,012$ мм. Эти данные позволили нам сделать вывод о том, что временные искусственные коронки, изготовленные с помощью современных цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование, CAD/CAM-система, 3D принтер) обладают большей размерной точностью по сравнению с временными искусственными коронками, изготовленными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы с уровнем значимости $p < 0,0166667$.

В этом плане представляют интерес исследования иностранных авторов, занимающихся изучением данной проблемы. В частности, S.Y. Kang et al. [8] в своем исследовании по изучению размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных субтрактивным

и аддитивным методами, пришли к выводу, что временные искусственные коронки, полученные с помощью CAD/CAM обладают большей размерной точностью, чем временные искусственные коронки, полученные с помощью 3D принтера. Мы же не выявили статистически значимых различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью CAD/CAM системы KaVo ARCTICA и 3D принтера Asiga Max UV, но пришли к выводу, что цифровые методики изготовления временных искусственных коронок различимы от традиционного метода горячей полимеризации с уровнем значимости $p < 0,0166667$. На наш взгляд, различия в полученных результатах, объясняются прежде всего тем, что применялись разные CAD/CAM-системы и 3D принтеры.

Заключение

Результаты нашего исследования свидетельствуют о высокой размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью современных цифровых технологий (CAD/CAM-системы, внутрирото-

вого лазерного сканирования и 3D принтера), по сравнению с временными искусственными коронками, изготовленными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы с уровнем значи-

мости $p < 0,05$ (критерий Фридмана $S = 45,600000$, $p = 0,000000$). Статистических различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью CAD/CAM системы и 3D принтера мы не обнаружили.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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 с.
2. 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). с. 58–62.
3. Вокулова Ю.А., Жулев Е. Н. Оценка точности получения оттисков зубных рядов с применением технологии лазерного сканирования // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 164. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25447>.
4. Жулев Е.Н., Вокулова Ю. А. Результаты изучения качества краевого прилегания каркасов из диоксида циркония, изготовленных с применением технологии внутриротового лазерного сканирования iTero Cadent в эксперименте // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. С. 5. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25903>
5. Марксдорф Р. Несъемные стоматологические реставрации. М.: Информационное агентство Newdent: 2007. 368 с.
6. Ряховский, А. Н. Цифровая стоматология. М.: ООО «Авантис», 2010. 282 с.
7. Шустова В.А., Шустов М. А. Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии. СПб: СпецЛит, 2016. 159 с.
8. Kang S.Y., Park J. H., Kim J. H., Kim W. C. Accuracy of provisional crowns made using stereolithography apparatus and subtractive technique // J Adv Prosthodont. 2018. N10. P. 354–360.
9. Kim CM, Kim SR, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Trueness of milled prostheses according to number of ball-end mill burs // J Prosthet Dent. 2016. № 115. P. 624–629.
10. Kirsch C, Ender A, Attin T, Mehl A. Trueness of four different milling procedures used in dental CAD/CAM systems // Clin Oral Investig. 2017. № 21. P. 551–558.

© Жулев Евгений Николаевич (hrustalev54@mail.ru), Вокулова Юлия Андреевна (vokulova@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Приволжский Исследовательский Медицинский Университет