

doi: 10.25005/2074-0581-2022-24-3-344-352

ИЗУЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИЛЕГАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАРКАСОВ НЕСЪЁМНЫХ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПРОТЯЖЁННОСТИ

А.Н. ПАРХОМЕНКО, В.И. ШЕМОНаЕВ

Кафедра ортопедической стоматологии с курсом клинической стоматологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Российская Федерация

Цель: провести сравнительный анализ точности прилегания литых и фрезерованных каркасов металлокерамических протезов в области уступа в зависимости от их протяжённости.

Материал и методы: для клинического исследования было отобрано 314 пациентов, нуждающихся в лечении с применением металлокерамических несъёмных зубных протезов (НЗП). Металлические каркасы протезов были изготовлены с использованием традиционной технологии литья (conventional lost-wax technique, CLW) и автоматизированного проектирования и производства (CAD/CAM). Для оценки точности прилегания каркасов к уступам культей опорных зубов получали силиконовую плёнку между опорными зубами и внутренней поверхностью коронок, разрезали на 8 частей и измеряли в области плеча. Краевые зазоры измеряли с помощью программы ImageJ2 по цифровым фотографиям, полученным с помощью калиброванного цифрового микроскопа (250×). Полученные данные анализировали с помощью непараметрического H-критерия Крускала-Уоллиса и U-критерия Манна-Уитни.

Результаты: средние значения краевого зазора в группе CLW колебались от 71,9±7,6 мкм у пациентов с одиночными и спаренными коронками до 117±3,7 мкм у пациентов с протезами протяжённостью 7-8 единиц. При соответствующем увеличении длины протезов средние значения краевого зазора в группе CAD/CAM составили от 67,1±6,8 мкм до 90,8±8,3 мкм. Различия параметров краевого зазора между всеми группами были статистически значимыми (p<0,05), за исключением группы одиночных и спаренных коронок с фрезерованными колпачками.

Заключение: значения краевого зазора во всех группах находились в допустимых пределах. Однако каркасы CAD/CAM были значительно более точными в протезах большой длины.

Ключевые слова: препарирование зубов, CAD/CAM, точность прилегания, уступ, краевой зазор.

Для цитирования: Пархоменко АН, Шемонаев ВИ. Изучение точности прилегания металлических каркасов несъёмных зубных протезов в зависимости от их протяжённости. *Вестник Авиценны*. 2022;24(3):344-52. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2022-24-3-344-352>

EVALUATION OF FITTING ACCURACY OF METAL FRAMEWORKS OF FIXED DENTURES DEPENDING ON THEIR LENGTH

A.N. PARKHOMENKO, V.I. SHEMONAEV

Department of Orthopedic Dentistry with the Course of Clinical Dentistry, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

Objective: To carry out a comparative analysis of the accuracy of the adherence of tooth-supported cast and milled cobalt chrome alloy frameworks in the shoulder area depending on the length of the prostheses.

Methods: For the clinical trial 314 patients who needed metal-ceramic fixed dental prostheses (FDPs) were recruited. Metal frameworks of prostheses were made with conventional lost-wax technique (CLW) and computer aided design and manufacturing (CAD/CAM). To assess the accuracy of the adhesion of the frameworks to the ledges of the prepared teeth stumps, the silicon film between the abutment teeth and inner surface of crowns was obtained, cut into 8 pieces and measured in the shoulder area. The marginal gaps were measured using ImageJ2 application from digital photos obtained with calibrated digital microscope (250×). The data obtained were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis H-test and Mann-Whitney U-test.

Results: The average values of the marginal gap in the CLW group ranged from 71.9±7.6 μm in single and double crowns to 117±3.7 μm in prostheses with a length of 7-8 units. With a corresponding increase in the length of the prostheses, the average values of the marginal gap in the CAD/CAM group were from 67.1±6.8 μm to 90.8±8.3 μm. Differences in marginal clearance parameters between all groups were statistically significant (p<0.05), except for the group of single and paired crowns with milled caps.

Conclusion: The values of the edge gap in all groups were within the acceptable range. However, CAD/CAM frameworks were significantly more accurate in long-length prostheses.

Keywords: Teeth prep, CAD/CAM, accuracy of the fit, ledge, precision of the fit, marginal gap.

For citation: Parkhomenko AN, Shemonaev VI. Izuchenie tochnosti prilleganiya metallicheskih karkasov nes"yomnykh zubnykh protezov v zavisimosti ot ikh protyazhyonnosti [Evaluation of fitting accuracy of metal frameworks of fixed dentures depending on their length]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2022;24(3):344-52. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2022-24-3-344-352>

ВВЕДЕНИЕ

По общему мнению исследователей разных стран разработка технологий автоматизированного изготовления зубных протезов явилась большим достижением стоматологии и позволила значительно улучшить качество лечения стоматологи-

INTRODUCTION

According to the general opinion of researchers from different countries, the development of technologies for the manufacture of dental prostheses by machine was a great achievement in dentistry and made it possible to significantly improve the quality

ческих больных за счёт повышения точности их изготовления. Большое количество научных работ последних лет посвящено изучению точности прилегания CAD/CAM-протезов, особенно в зоне уступа [1-3]. Научный интерес к этой проблеме диктуется принципиальным значением точности изготовления протезов для общепринятого качества ортопедического лечения, а именно эстетического результата, снижения риска осложнений, повышения срока службы протезов и удовлетворённости пациентов [1, 4, 5].

Основными преимуществами автоматизированных протоколов изготовления зубных протезов являются минимизация влияния технологических факторов, снижающих точность изготовления, а также человеческих ошибок [6]. По сравнению с традиционной технологией изготовления металлокерамических коронок и мостовидных протезов, когда ошибки суммируются на всех клинико-лабораторных этапах лечения, CAD/CAM технологии позволяют как повысить точность изготовления протезов, так и сократить общее количество технологических этапов [7, 8]. Отсюда значительно более высокая точность фрезерованных каркасов, по некоторым данным достигающая до 10 мкм для CAD/CAM-протезов с опорой на зуб, не достижимая для традиционных металлокерамических протезов с их точностью от 120 до 150 мкм, которая считается приемлемой [5, 9, 10]. Клинически идеальным результатом считается краевой зазор от 25 до 40 мкм в зависимости от используемого фиксирующего агента [5, 11].

Относительная трудоёмкость и многоэтапность создания металлических каркасов с использованием восковых слепков создаёт предпосылки для накопления ошибок на каждом этапе. Среди основных причин снижения точности таких протезов исследователи часто указывают на особенности технологии отливки металлических каркасов и необходимость их дальнейшей обработки и подгонки сначала на модели, а затем в полости рта. В то же время, даже такие, казалось бы, незначительные факторы, как несоблюдение времени кристаллизации гипса или выбор воска без учёта времени года, могут привести к снижению точности. Ввиду этого, традиционная методика получения каркасов подвергается обобщённой критике [6, 12].

В то же время, как и любая технология, CAD/CAM имеет свои ограничения. Например, при наличии ошибок препарирования зубов и необходимости корректировки границ протеза обеспечение высокой точности представляется затруднительным, особенно в случае длинных протезов. Это объясняет тот факт, что точность протезов с опорой на имплантаты значительно выше по сравнению с протезами с опорой на зубы [13]. Также при массовых приёмах пациентов неизбежны неточности снятия оттисков, что может свести на нет возможность автоматизированного изготовления высокоточных протезов.

Вопрос о влиянии толщины фиксирующей цементной плёнки на точность припасовки коронки остаётся дискуссионным [5]. Кроме того, используются различные протоколы производственного процесса CAD/CAM, причём наиболее существенные различия заключаются в технике оцифровки оттисков и использовании фрезерных станков CAD/CAM разных поколений, а также приёмов фрезерования [7, 8, 14]. Активно обсуждаются отдельные аспекты изготовления зубных протезов с использованием CAD/CAM-технологий, например, поиск оптимального размера спейсера [15]. Всё это создаёт объективный запрос стоматологической науки на изучение точности протезов, изготовленных разными способами, результатом чего должно стать уточнение областей применения тех или иных технологий их изготовления.

of treatment of dental patients due to an increase in the precision of restorations. A large number of scientific works in recent years have been devoted to the study of the accuracy of the fit of CAD/CAM restorations, especially in the ledge zone [1-3]. Scientific interest in this problem is dictated by the fundamental importance of the accuracy of the manufacture of prostheses for the generally understood quality of orthopedic treatment, namely the aesthetic result of treatment, the risk of complications, the service life of the restorations and patient satisfaction [4, 5].

The main advantages of machine protocols for the production of dentures are the minimization of the influence of technological factors reducing the manufacturing accuracy and human errors [6]. Compared to the traditional technology for the manufacture of metal-ceramic crowns and bridges, when errors are summed up at all clinical and laboratory stages of treatment, CAD/CAM allows both to increase the accuracy of reproduction and to reduce the total number of technological stages [7, 8]. Hence the significantly higher accuracy of milled frameworks, according to some reports reaching up to 10 μm for tooth-supported CAD/CAM restorations, unattainable for traditional metal-ceramic prostheses with their accuracy of 120-150 μm which is considered acceptable [5, 9, 10]. The clinically ideal result is considered a marginal gap of 25-40 μm , depending on the luting agent used [5, 11].

The relative laboriousness and multi-stage creation of metal frames by modeling from wax creates the prerequisites for the accumulation of errors at each stage. Among the main reasons for the decrease in the accuracy of such prostheses, investigators often point out the peculiarities of the technology of casting metal frames and the need for their further processing and adjustment, first on the model, and then in the oral cavity. At the same time, even such seemingly insignificant factors as non-observance of the gypsum crystallization time or the choice of wax without taking into account the season can lead to a decrease in precision. In view of this, the traditional technique of obtaining frameworks is subject to justified criticism [6, 12].

At the same time, like any technology, CAD/CAM has its limitations. For example, in the presence of teeth prep errors and the need to adjust the boundaries of the prosthesis, the provision of high precision seems to be difficult, especially in the case of extended restorations. This explains the fact that the accuracy of implant-supported prostheses is significantly higher in comparison with teeth-supported [13]. Also, at mass clinical appointments, inaccuracies in taking impressions are inevitable, which can negate the possibility of automated production of high-precision restorations.

The matter of the effect of the thickness of the luting cement film on the accuracy of crown fit remains debatable [5]. In addition, various CAD/CAM workflow protocols are used, with the most significant differences in the technique of digitizing impressions and using of different generations of CAD/CAM milling machines and milling procedures [7, 8, 14]. Certain aspects of the production of dentures using CAD/CAM technology are actively discussed, for example, the search for the optimal size of the spacer [15]. All this creates an objective request of dental science to study the accuracy of prostheses made in different ways, the result of which should be the specification of the areas of application of various technologies for their production.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительный анализ точности прилегания литых и фрезерованных каркасов из кобальт-хромового сплава с опорой на зубы в области плеча в зависимости от длины протезов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для клинического исследования было набрано 314 пациентов, нуждающихся в лечении с применением металлокерамических несъёмных зубных протезов (fixed dental prostheses, FDPs).

Критерии включения пациентов в исследование:

- наличие показаний к изготовлению металлокерамических коронок и/или мостовидных протезов;
- индекс разрушения окклюзионной поверхности боковых зубов до 0,7;
- достаточная высота клинических коронок опорных зубов;
- отсутствие заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта;
- благоприятствующий общесоматический статус пациентов.

Критерием невключения считались отсутствие согласия пациента на участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования:

- отказ пациента на продолжение участия в исследовании или от продолжения лечения;
- недостаточный уровень комплаентности пациента в части соблюдения сроков этапов лечения и соблюдения врачебных рекомендаций;
- изменение плана ортопедического лечения, в том числе вида применяемой конструкции.

Пациенты получали всю необходимую информацию о предстоящих исследованиях путём устного информирования и предоставления специально подготовленной брошюры пациента-участника медицинских исследований. Все пациенты, пожелавшие принять участие в исследовании, подписали специально подготовленную форму информированного добровольного согласия. Форма информированного добровольного согласия и дизайн исследования, включая все примененные методы исследования, проанализированы и утверждены Этическим комитетом Волгоградской области, что подтверждает соответствие принципам Хельсинкской декларации 1975 г. Лечение пациентов выполняли в соответствии с действующим Стандартом медицинской помощи частичным отсутствием зубов (Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 22.11.2004 № 243).

Препарирование зубов выполняли в бинокулярах, необходимым набором алмазных боров, с использованием водно-воздушного охлаждения. При формировании культей опорных зубов руководствовались требованиями, изложенными в Национальном руководстве по ортопедической стоматологии (Лебедеко ИЮ, Арутюнов СД, 2020). Формировали уступ 135° шириной 0,8-1 мм. Глубина редукции твёрдых тканей зубов составила в среднем 1,2 мм в области осевых поверхностей культей и 2 мм на окклюзионной поверхности. Высота отпрепарированных культей зубов составила не менее 4 мм, остаточная толщина твёрдых тканей культей – не менее 0,5 мм.

Лечение пациентов выполнялось пятью квалифицированными врачами-стоматологами-ортопедами с опытом работы не менее 10 лет на базе Волгоградской областной стоматологической

PURPOSE OF THE STUDY

To carry out a comparative analysis of the accuracy of the adherence of tooth-supported cast and milled cobalt chrome alloy frameworks in the shoulder area depending on the length of the prostheses.

METHODS

For the clinical study, 314 patients were recruited in need of treatment with the use of ceramic-metal fixed dental prostheses (FDPs).

Criteria for inclusion of patients in the study:

- presence of indications for the manufacture of metal-ceramic crowns and/or bridges;
- index of destruction of the occlusal surface of the lateral teeth up to 0.7;
- sufficient height of clinical crowns of abutment teeth;
- the absence of periodontal and oral mucosa diseases;
- a favorable general somatic status of patients.

Criteria for exclusion from the study:

- refusal of the patient to continue participation in the study or to continue treatment;
- insufficient level of patient compliance in terms of compliance with the terms of treatment stages and compliance with medical recommendations;
- change in the plan of orthopedic treatment, including the type of construction used.

Patients received all the necessary information about upcoming studies by verbally informing and providing a specially prepared brochure for a patient participating in medical studies. All patients who wished to participate in the study signed a specially prepared informed voluntary consent form. The informed voluntary consent form and study design, including all applied research methods, were analyzed and approved by the Ethics Committee of the Volgograd Region, which confirms compliance with the principles of the Helsinki Declaration of 1975. Patients were treated in accordance with the current Standard of Medical Care for partial absence of teeth (Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated November 22, 2004 No. 243).

Tooth preparation was performed in binoculars, with the necessary set of diamond burs, using water-air cooling. When forming the stumps of the abutment teeth, we were guided by the requirements set forth in the National Guidelines for Orthopedic Dentistry (Lebedenko IYu, Arutyunov SD, 2020). A ledge 135° 0.8-1 mm wide was formed. The depth of reduction of hard tissues of the teeth averaged 1.2 mm in the region of the axial surfaces of the stump and 2 mm on the occlusal surface. The height of the prepared tooth stumps was at least 4 mm, the residual thickness of the hard tissues of the stumps was at least 0.5 mm.

Patients were treated by five qualified orthopedic dentists with at least 10 years of experience at the Volgograd regional dental clinic and Municipal dental clinic No. 3 in Volgograd.

In all cases, two-phase two-stage working impressions were obtained with Elite HD+ polyvinylsiloxane impression material (Zhermack, Italy). Before taking working impressions, chemical-mechanical retraction of the gingival margin was used using Ultrapak 00 threads (Ultradent, USA) and Retragel gel (Omega

поликлиники и Клинической стоматологической поликлиники № 3 Волгограда.

Во всех случаях были получены двухфазные двухэтапные рабочие оттиски поливинилсилоксановой оттискной массой Elite HD+ (Zhermack, Italy). Перед получением рабочих оттисков применялась химико-механическая ретракция десневого края при помощи нитей «00» Ultrapak (Ultradent, USA) и геля «Ретрагель» (Omega Dent, Россия). Цифровой протокол изготовления каркасов НЗП включал отливку рабочих гипсовых моделей, их распиливание, обработку штампов, 3D-сканирование в аппарате Medit T310 (Medit, South Korea) без обработки порошком, создание модели каркаса в ExoCad 2018 Valetta (ExoCad GmbH, Germany) и фрезерование каркасов с использованием пятиосевой производственной установки inLab MC X5 (Dentsply Sirona, USA). Изготовление каркасов CLW осуществлялось после из моделирования из воска на рабочих моделях, полученных и подготовленных таким же образом. Восковые репродукции будущих каркасов снимали со штампов, формировали литниковую систему, обрабатывали средством для снятия напряжения Aurofilm (Bego, Germany), изготавливали кювету из паковочной массы Expanction Plus (Yeti, Germany), после чего выжигали воск в муфельной печи и производили литьё в центробежной литейной установке УЛП 1.0 Вулкан Арт (Аверон, Россия) из кобальто-хромового сплава.

Все отобранные пациенты были рандомизированно разделены на 8 групп (не менее 30 пациентов в каждой) в зависимости от необходимой протяжённости мостовидного протеза и применяемой технологии его изготовления (табл. 1).

Для оценки точности прилегания каркасов к уступам препарированных культей зубов использовался следующий метод. После примерки и достижения удовлетворительного прилегания

Dent, Russia). The digital protocol for the manufacture of WIP frameworks included casting working plaster models, sawing them, processing dies, 3D scanning in a Medit T310 unit (Medit, South Korea) without covering powder, creating a framework model in ExoCad 2018 Valetta (ExoCad GmbH, Germany) and milling frameworks using a five-axis milling machine inLab MC X5 (Dentsply Sirona, USA). The fabrication of the CLW frameworks was carried out after wax modeling on working models obtained and prepared in the same way. Wax reproductions of the future frames were removed from the dies, a gating system was formed, treated with Aurofilm (Bego, Germany) stress reliever, a cuvette was made from the Expanction Plus investment mass (Yeti, Germany), after which the wax was burned out in a muffle furnace and cast in a centrifugal foundry installation ULP 1.0 Vulkan Art (Averon, Russia) made of cobalt-chromium alloy.

All recruited patients were randomly divided into 8 groups (at least 30 patients in each) depending on the required length of the bridge and the technology used for its manufacture (Table 1).

The following method was used to assess the accuracy of the fit of the frameworks to the ledges of the prepared tooth stumps. After trying on and achieving a satisfactory fit of the framework, the inner surface of the abutment crowns was dried, filled with a low-viscosity vinyl polysiloxane impression material Elite HD+ light body (Zhermack, Italy) and mounted on the stump of the abutment teeth. After polymerization of the first layer of silicone, the framework with the silicone film was removed from the oral cavity, and the resulting cup-shaped silicone films were filled with a low-viscosity silicone mass of the same manufacturer, but different in color from the mass of the first layer. After polymerization of the second layer, the resulting two-color silicone model was removed from the frame, cut into 8 parts, and the

Таблица 1 Распределение набранных пациентов по клиническим группам

Номер группы пациентов	Длина мостовидного протеза (количество включённых коронок и промежуточных частей)	Технология изготовления протезов	n
1	1-2	CLW	64
2		CAD/CAM	38
3	3-4	CLW	30
4		CAD/CAM	30
5	5-6	CLW	41
6		CAD/CAM	32
7	7-8	CLW	45
8		CAD/CAM	34
	Всего		314

Table 1 Distribution of recruited patients into clinical groups

Number of clinical groups	Length of the bridge (number of included crowns and pontics)	Technology of manufacturing	n
1	1-2	CLW	64
2		CAD/CAM	38
3	3-4	CLW	30
4		CAD/CAM	30
5	5-6	CLW	41
6		CAD/CAM	32
7	7-8	CLW	45
8		CAD/CAM	34
	Total		314

каркаса внутренняя поверхность опорных коронок высушивалась, заполнялась винилполисилоксановой оттисковой массой низкой вязкости Elite HD+ light body (Zhermack, Italy) и устанавливалась на культю опорных зубов. После полимеризации первого слоя силикона каркас с силиконовой плёнкой удалялся из полости рта, а полученные чашеобразные силиконовые плёнки заполнялись силиконовой массой низкой вязкости того же производителя, но отличающейся по цвету от массы первого слоя. После полимеризации второго слоя полученная двухцветная силиконовая модель снималась с каркаса, разрезалась на 8 частей, и измерялась толщина силиконовой плёнки первого слоя в области уступа, однократно для каждой из восьми точек. Краевые зазоры измерялись с помощью приложения ImageJ2 по цифровым фотографиям, полученным с помощью исследовательского микроскопа БЛМ М-1 (ЛОМО, Россия) при увеличении 250× в отражённом свете (рис. 1). Определение масштаба микроснимков производилось однократно при помощи фотографирования микроскопической линейки при той же комбинации объектива, окуляра и увеличения фотонасадки. В качестве окончательного результата толщины первого слоя силиконовой плёнки для каждой из исследованных культей принималось среднее арифметическое между полученными данными этих восьми замеров.

Проведённое исследование представляет собой вариант измерения прилегания коронок по методу «силиконовой реплики», который широко используется в научных разработках [16-19]. Модификация способа с разрезанием силиконовой плёнки на 8 частей была разработана для оценки точности прилегания коронки в различных зонах по окружности уступа: медиальной, мезио-вестибулярной, вестибулярной и т.д. Авторская методика защищена свидетельством на рационализаторское предложение (Способ определения точности изготовления металлокерамических протезов, удостоверение № 1 от 06.04.2017, Волгоградский государственный медицинский университет).

Полученные данные анализировались с помощью программы SPSS Statistics v22.0. Применялись методы непараметрической статистики. Сравнение между тремя или более независимыми группами выполнялись с помощью H-критерия Крускала-Уоллиса. Для сравнения групп с протезами CLW и CAD/CAM одинаковой протяжённости использовался U-критерий Манна-Уитни.



Рис. 1 Измерение толщины силиконовой плёнки при помощи калиброванного цифрового микроскопа (объяснение в тексте)

thickness of the first layer silicone film was measured in the ledge area, once for each of the eight points. Edge gaps were measured using the ImageJ2 application using digital photographs taken with a BLM M-1 research microscope (LOMO, Russia) at a magnification of 250× in reflected light (Fig. 1). The determination of the scale of micrographs was performed once by photographing a microscopic ruler with the same combination of objective, eyepiece, and photo attachment magnification. As the final result of the thickness of the first layer of silicone film for each of the studied stumps, the arithmetic mean between the data obtained from these eight measurements was taken.

The conducted study is a variant of measuring the fit of crowns using the "silicone replica" method, which is widely used in scientific developments [16-19]. A modification of the method with cutting the silicone film into 8 parts was developed to assess the accuracy of the fit of the crown in various zones around the margin circumference: medial, mesio-vestibular, vestibular, etc. The author's technique is protected by a certificate for a rationalization proposal (Method for determining the accuracy of manufacturing metal-ceramic prostheses, certificate No. 1 dated 04/06/2017, Volgograd State Medical University).

The obtained data were analyzed using the SPSS Statistics v22.0 program. Methods of nonparametric statistics were applied. Comparison between three or more independent groups was performed using the Kruskal-Wallis H-test. The Mann-Whitney U-test was used to compare groups with CLW and CAD/CAM prostheses of the same length.

RESULTS

In patients of all eight groups (341 people), orthopedic treatment passed without complications, consistently good results were obtained. The needs of patients for aesthetic and functional prostheses were fully satisfied. Patients in all cases were satisfied with the treatment. The average results of measuring the thickness of the silicone film and the approximate increase in the marginal gap due to the length of the prostheses in the CAD/CAM and CLW groups are presented in Tables 2 and 3.

The Mann-Whitney test revealed significant differences between groups 3 and 4, 5 and 6, 7 and 8 ($p < 0.001$). The Krus-

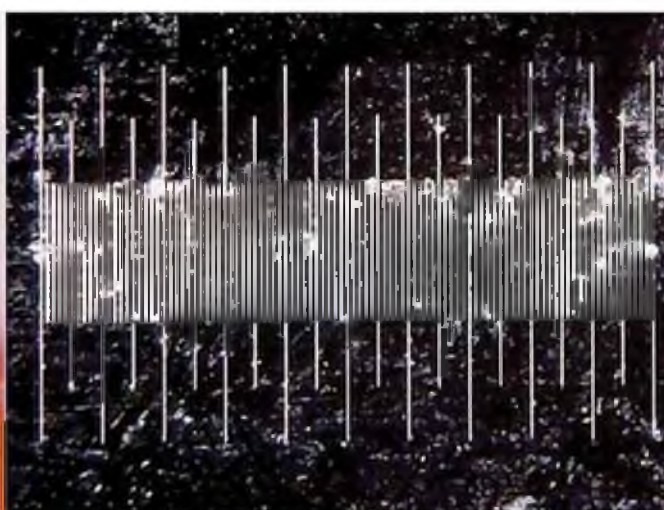


Fig. 1 Measurement of the thickness of the silicone film using a calibrated digital microscope (explanation in the text)

Таблица 2 H-тест Крускала-Уоллиса в клинических группах с одинаковой технологией производства протезов

Table 2 Kruskal-Wallis H-test in clinical groups with the same technology for the production of prostheses

Технология изготовления Technology of manufacturing	Количество единиц Number of units in FDPs				p
	1-2	3-4	5-6	7-8	
CLW	R=35.47	R=75.97 p ₁ =.000	R=116.57 p ₁ =.000 p ₂ =.000	R=154.70 p ₁ =.000 p ₂ =.000 p ₃ =.000	.000; df=3; H=152.833
CAD/CAM	R=31.70	R=49.05 p ₁ =0.019	R=86.39 p ₁ =.000 p ₂ =.000	R=106.01 p ₁ =.000 p ₂ =.000 p ₃ =.000	.000; df=3; H=80.355

Примечание: R – средний ранг; p – статистическая значимость по H-критерию Крускала-Уоллиса; p₁ – по отношению к группе с протезами протяжённостью 1-2 единицы; p₂ – по отношению к группе с протезами протяжённостью 3-4 единицы; p₃ – по отношению к группе с протезами протяжённостью 5-6 единиц
Note: R – average rank; p – significance by Kruskal-Wallis H-test; p₁ – in relation to the group with prostheses of 1-2 units; p₂ – in relation to the group with prostheses of 3-4 units; p₃ – in relation to the group with prostheses of 5-6 units

РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов всех восьми групп (341 человек) ортопедическое лечение прошло без осложнений, получены стабильно хорошие результаты. Потребности пациентов в эстетических и функциональных протезах были полностью удовлетворены. Пациенты во всех случаях остались довольны проведённым лечением. Средние результаты измерения толщины силиконовой плёнки и ориентировочное увеличение величины краевого зазора в связи с протяжённостью протезов в группах CAD/CAM и CLW представлены в табл. 2 и 3.

Критерий Манна-Уитни выявил статистические различия между группами 3 и 4, 5 и 6, 7 и 8 (p<0,001). Критерий Крускала-Уоллиса показывает значимость различий между клиническими группами с протезами CLW (p<0,001; df=3; H=152,833) и протезами CAD/CAM (p<0,001; df=3; H=80,355). Значения краевых зазоров в клинических группах наглядно представлены на рис. 2.

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то, что тема припасовки протезов достаточно хорошо разработана, вопрос о влиянии длины протеза на показатели точности в доступной литературе недостаточно раскрыт. Между тем, снижение геометрической точности изготовленных протезов с увеличением их протяжённости обусловлено техноло-

gical-Wallis test indicates the significance of differences between clinical groups with CLW prostheses (p<0.001; df=3; H=152.833) and CAD/CAM prostheses (p<0.001; df=3; H=80.355).

The values of the marginal gaps in the clinical groups are clearly shown in Fig. 2.

DISCUSSION

Despite the fact that the topic of fitting prostheses is quite well developed, the issue of the influence of prosthesis length on accuracy indicators is not sufficiently disclosed in the available literature. Meanwhile, the decrease in the geometric accuracy of the manufactured prostheses with an increase in their length is due to technological reasons, which is accepted by researchers as an axiom. For example, Ahmed VM (2020) included only single crowns in their study [2]. Keul S et al (2014) studied the fit of 4-unit prostheses [8]. The results of our study support the findings of de França DG et al (2015), Praça L et al (2018) regarding the improvement of the accuracy of manufacturing prostheses using digital technologies [9, 15]. We have not come across works on the topic of this article, where clinical groups would be formed depending on the length of the prostheses, but the feasibility of this approach for small samples is confirmed by calculations. Further development of this area should include consideration

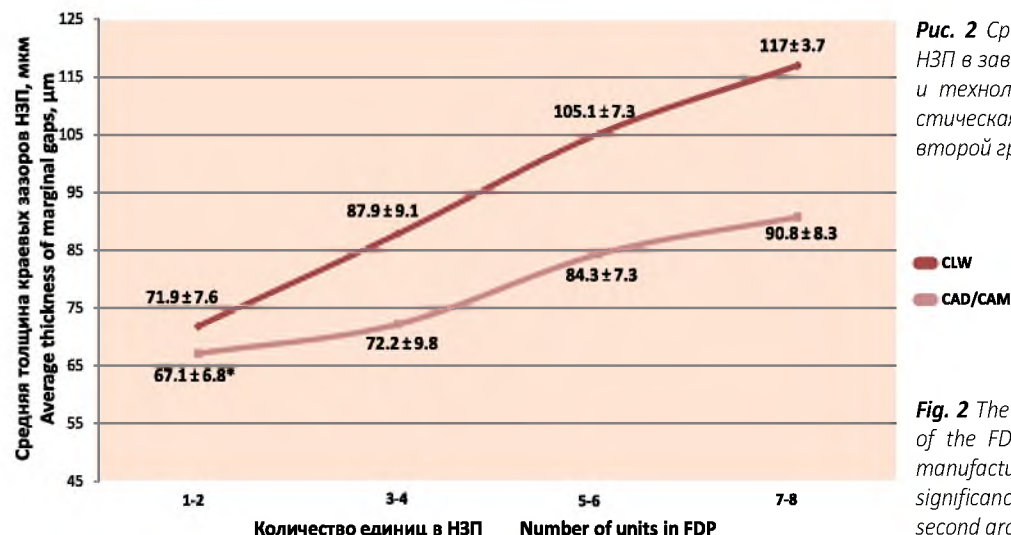


Рис. 2 Средняя толщина краевых зазоров НЗП в зависимости от их протяжённости и технологии изготовления. * – статистическая значимость отличий первой и второй групп не подтверждена (p>0,05)

Fig. 2 The average thickness of the edge gaps of the FDPs depending on their length and manufacturing technology. * – statistical significance of differences between the first and second groups was not confirmed (p>0.05)

Таблица 3 U-тест Манна-Уитни в клинических группах с CLW и CAD/CAM протезами одинаковой протяжённости

Технология изготовления Technology of manufacturing	Количество единиц Number of units in FDPs			
	1-2	3-4	5-6	7-8
CLW	R=59.3	R=41.52	R=52.20	R=56.87
CAD/CAM	R=38.49	R=19.48	R=17.53	R=17.68
p	=0.062; U=721.5; Z=-3.448	=.000; U=119.5; Z=-4.903	=.000; U=33.0; Z=-6.938	=.000; U=6.0; Z=-7.581

Примечание: R – средний ранг; p – статистическая значимость по U-критерию Манна-Уитни

Note: R – average rank; p – significance by Mann-Whitney U-test

гическими причинами, что принимается исследователями как аксиома. Например, Ahmed WM et al (2020) включили в своё исследование только одиночные коронки [2]. Keul S et al (2014) изучали посадку протезов из 4 единиц [8]. Результаты нашего исследования подтверждают выводы de França DG et al (2015), Praça L et al (2018) относительно повышения точности изготовления протезов с использованием цифровых технологий [9, 15]. Нам не встретились работы по теме данной статьи, где клинические группы формировались бы в зависимости от протяжённости протезов, но целесообразность такого подхода для небольших выборок подтверждается расчётами. Дальнейшее развитие этого направления должно включать рассмотрение различных поколений фрезерных станков, различных протоколов оцифровки оттисков и других технологий изготовления протезов, таких как 3D-печать, по примеру исследований Sadid-Zadeh R et al (2020), Roperto R et al (2016), Keul S et al (2014) и др. [1, 7, 8, 19-26]. Однако это не входило в задачи нашего исследования.

Широкое использование традиционного изготовления металлокерамических протезов в практической клинической работе обусловлено их доступной стоимостью, а также хорошими эстетическими характеристиками и долговечностью. Учитывая вышеизложенное, можно предвидеть сохранение закрепившегося за временем звания «золотого стандарта» несъёмного протезирования зубов за традиционными металлокерамическими протезами или, по крайней мере, отсутствием риска их полной замены на CAD/CAM протезы. При небольшой протяжённости протеза традиционная технология обеспечивает достаточную точность прилегания коронок к уступам опорных зубов. В то же время, при длине 5-6 единиц и более точность таких протезов снижается и приближается к критическим значениям. Точность CAD/CAM-протезов во всех случаях была выше, чем у протезов, изготовленных по традиционной технологии, при их сопоставимой длине. Подтверждены преимущества автоматизированных методов изготовления зубных протезов, а именно снижение влияния человеческого фактора и накопления ошибок на этапах производства. Поэтому при необходимости использования массивных несъёмных металлокерамических протезов надлежащий уровень точности может быть обеспечен за счёт использования CAD/CAM-технологий, либо должна быть предусмотрена возможность разделения длинного мостовидного протеза на более мелкие фрагменты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии производства металлокерамических протезов CLW и CAD/CAM обеспечивают приемлемые параметры точности посадки, соответствующие общепринятым стандартам. В случае одинарных или двойных коронок обе технологии обеспечивают сравнимую точность изготовления протезов при правильном тех-

Table 3 Mann-Whitney U-test in clinical groups with CLW and CAD/CAM prostheses of the same length

of different generations of milling machines, different protocols for digitizing impressions and other technologies for manufacturing prostheses, such as 3D printing, following the example of Sadid-Zadeh R et al (2020), Roperto R et al (2016), Keul S et al (2014) and others [1, 7, 8, 19-26]. However, this was not within the scope of our study.

The widespread use of CLW technique to produce metal-ceramic FDPs in dental practice is due to their affordable cost, as well as good aesthetic characteristics and durability. Considering the foregoing, one can foresee the retention of the title of the “gold standard” of fixed prosthetics, which has been fixed over time, behind traditional metal-ceramic prostheses, or at least the absence of the risk of their complete replacement with CAD/CAM prostheses. With a small length of the prosthesis, traditional technology provides sufficient accuracy of the fit of the crowns to the ledges of the abutment teeth. At the same time, with a length of 5-6 units or more, the accuracy of such prostheses decreases and approaches critical values. The accuracy of CAD/CAM prostheses in all cases was higher than that of prostheses made using traditional technology, with their comparable length. The advantages of automated methods for manufacturing dentures have been confirmed, namely, reducing the influence of the human factor and the accumulation of errors at the production stages. Therefore, if it is necessary to use massive fixed ceramic-metal prostheses, the appropriate level of accuracy can be ensured through the use of CAD/CAM technologies, or the possibility of dividing a long bridge into smaller fragments should be provided.

CONCLUSION

CLW and CAD/CAM technologies for the production of ceramic-metal prostheses provide acceptable fit accuracy parameters that meet generally accepted standards. In the case of single or double crowns, both technologies provide comparable accuracy in the manufacture of prostheses with the correct technical implementation of the clinical and laboratory stages. Regardless of the production technology, with an increase in the length of the FDPs, their accuracy decreased. CAD/CAM technology ensures higher accuracy of prosthesis manufacturing. With increasing length of FDPs, the CAD/CAM frameworks showed greater stability of the accuracy parameter and had a significant advantage when the length of the prostheses was more than 4 units.

ническом выполнении клинического и лабораторного этапов. Вне зависимости от технологии производства, с увеличением длины конструкции происходило снижение точности изготавливаемых протезов. Технология CAD/CAM обеспечивает более высокую точность изготовления протезов. Каркасы CAD/CAM демонстрировали большую стабильность параметра точности при увеличении длины конструкции и имели значительное преимущество при протяжённости протезов более 4 единиц.

ЛИТЕРАТУРА

- Sadid-Zadeh R, Katsavochristou A, Squires T, Simon M. Accuracy of marginal fit and axial wall contour for lithium disilicate crowns fabricated using three digital workflows. *Research and Education*. 2020;1:121-7.
- Ahmed WM, Shariati B, Gazzaz AZ, Sayed ME, Carvalho RM. Fit of tooth-supported zirconia single crowns – A systematic review of the literature. *Clin Exp Dent Res*. 2020;6 700-716.
- Piras F, Berro-Filho J, Rubo J, Ferruzzi F, Ferrairo B, Mosquim V. Marginal and internal space of metallic copings. *Dent Mater*. 2016;32:e75.
- Sadykov MI, Nesterov AM, Domenyuk DA, Ertesyan AR, Konnov VV, Matrosov V. Biomechanical evaluation of stress-strain condition of restorative ceramic pin structures and dental roots. *Archiv EuroMedica*. 2020;2:115-20.
- Nawafleh NA, Mack F, Evans J, Mackay J, Hatamleh MM. Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: A literature review. *J Prosthodont*. 2013;22:419-28.
- Fathi HM, Al-Masoodi AH, El-Ghezawi N, Johnson A. The accuracy of fit of crowns made from wax patterns produced conventionally (hand formed) and via CAD/CAM technology. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2016;24:10-7.
- Roperto R, Assaf H, Soares-Porto T, Lang L, Teich S. Are different generations of CAD/CAM milling machines capable to produce restorations with similar quality? *J Clin Exp Dent*. 2016;8:e423-e428.
- Keul C, Stawarczyk B, Erdelt KJ, Beuer F, Edelhoff D, Güth JF. Fit of 4-unit FDPs made of zirconia and CoCr-alloy after chairside and labside digitalization – a laboratory study. *Dent Mater*. 2014;30:400-7.
- de França DG, Morais MH, das Neves FD, Barbosa GA. Influence of CAD/CAM on the fit accuracy of implant-supported zirconia and cobalt-chromium fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2015;113:22-8.
- Rödiger M, Schneider L, Rinke S. Influence of material selection on the marginal accuracy of CAD/CAM-fabricated metal- and all-ceramic single crown copings. *BioMed Research International*. 2018;2:1-8.
- Kim DY, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Comparison and evaluation of marginal and internal gaps in cobalt-chromium alloy copings fabricated using subtractive and additive manufacturing. *J Prosthodont Res*. 2018;62:56-64.
- Bajunaid S, Altwaim B, Alhassan M, Alammari R. The fit accuracy of removable partial denture metal frameworks using conventional and 3D printed techniques: An in vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2019;20:476-81.
- Flügge T, van der Meer WJ, Gonzalez BG, Vach K, Wismeijer D, Wang P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Impl Res*. 2018;29(Suppl 16):374-92.

REFERENCES

- Tan K, Dudley J. The marginal gaps of sequentially milled lithium disilicate crowns using two different milling units. *Aust Dent J*. 2022;10.1111/adj.12909.
- Praça L, Pekam FC, Rego RO, Radermacher K, Wolfart S, Marotti J. Accuracy of single crowns fabricated from ultrasound digital impressions. *Dent Mater*. 2018;34:e280-e288.
- Ibragimov TI, Aristova IYa, Ataeva SD, Baskov DV, Batrak IK, Kuznetsov OE, Novichkova MS, Tsalikova NA. A method for clinical evaluation of the accuracy of manufacturing fixed dentures. *Patent RF No. 2491033*, 2013.
- Colpani JT, Borba M, Della Bona Á. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic crown copings. *Dent Mater* 2013; 29(2):174-180.
- Fathi H, Al-Masoodi A, El-Ghezawi N, Johnson A. The accuracy of fit of crowns made from wax patterns produced conventionally (hand formed) and via CAD/CAM technology. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2016;24(1):10-7.
- Al-Atyaa ZT, Majeed MA. Comparative evaluation of the marginal and internal fitness of monolithic CAD/CAM zirconia crowns fabricated from different impression techniques and digital impression using silicone replica technique (an in vitro study). *Biomed Pharmacol J*. 2018;11(1):477-90.
- Amelya A, Odang RW, Nelwan LC. Accuracy of the marginal fit of all-ceramic crowns fabricated by direct and indirect digital scanning methods. *J Phys: Conf Ser*. 2018;1073:022011.
- Rödiger M, Heinitz A, Bürgers R, Rinke S. Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions – a clinical comparative study. *Clin Oral Invest*. 2017;21:579-87.
- Selz CF, Bogler J, Vach K, Strub JR, Guess PC. Veneered anatomically designed zirconia FDPs resulting from digital intraoral scans: Preliminary results of a prospective clinical study. *J Dent*. 2015;43(12):1428-35.
- Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wöstmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clin Oral Investig*. 2015;19:2027-34.
- Svanborg P. A systematic review on the accuracy of zirconia crowns and fixed dental prostheses. *Biomater Investig Dent*. 2020;7(1):9-15.
- Kumar HC, Kumar TP, Hemchand S, Suneelkumar C, Subha A. Accuracy of marginal adaptation of posterior fixed dental prosthesis made from digital impression technique: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2020;20(2):123-30.
- Woong KK, Sunjai K. Effect of number of pontics and impression technique on the accuracy of four-unit monolithic zirconia fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2018;119(5):860.

 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пархоменко Алексей Николаевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры ортопедической стоматологии с курсом клинической стоматологии, Волгоградский государственный медицинский университет
 Researcher ID: AIC-6618-2022
 Scopus ID: 57204615809
 ORCID ID: 0000-0001-5479-2531
 SPIN-код: 4044-3577
 Author ID: 719221
 E-mail: aleksei.aleksei.parhomen@mail.ru

 AUTHOR INFORMATION

Parkhomenko Aleksey Nikolaevich, Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry with the Course of Clinical Dentistry, Volgograd State Medical University
 Researcher ID: AIC-6618-2022
 Scopus ID: 57204615809
 ORCID ID: 0000-0001-5479-2531
 SPIN: 4044-3577
 Author ID: 719221
 E-mail: aleksei.aleksei.parhomen@mail.ru

Шемонаев Виктор Иванович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии с курсом клинической стоматологии, Волгоградский государственный медицинский университет
 Researcher ID: CAG-0856-2022
 Scopus ID: 57204628039
 ORCID ID: 0000-0001-8345-4881
 SPIN-код: 3231-9777
 Author ID: 480324
 E-mail: ShemonaevVI@yandex.ru

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Работа выполнялась в соответствии с планом НИР кафедры ортопедической стоматологии с курсом клинической стоматологии ВолгГМУ Минздрава России (№ государственной регистрации АААА-А20-120040550002-3). Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Пархоменко Алексей Николаевич

кандидат медицинских наук, ассистент кафедры ортопедической стоматологии с курсом клинической стоматологии, Волгоградский государственный медицинский университет

400005, Российская Федерация, г. Волгоград, ул. Коммунистическая, 31, каб. 4-10
 Тел.: +7 (988) 3918015
 E-mail: aleksei.aleksei.parhomen@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: ШВИ
 Сбор материала: ПАН
 Статистическая обработка данных: ПАН
 Анализ полученных данных: ПАН
 Подготовка текста: ПАН
 Редактирование: ШВИ
 Общая ответственность: ШВИ

Поступила 26.05.22
Принята в печать 29.09.22

Shemonaev Viktor Ivanovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry with the Course of Clinical Dentistry, Volgograd State Medical University
 Researcher ID: CAG-0856-2022
 Scopus ID: 57204628039
 ORCID ID: 0000-0001-8345-4881
 SPIN: 3231-9777
 Author ID: 480324
 E-mail: ShemonaevVI@yandex.ru

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The research was carried out in accordance with the research plan of the Department of Orthopedic Dentistry with the Course of Clinical Dentistry, Volgograd State Medical University (state registration number – АААА-А20-120040550002-3). The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Parkhomenko Aleksey Nikolaevich

Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry with the Course of Clinical Dentistry, Volgograd State Medical University

400005, Russian Federation, Volgograd, Kommunisticheskaya str., 31, of. 4-10
 Tel.: +7 (988) 3918015
 E-mail: aleksei.aleksei.parhomen@mail.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: ShVI
 Data collection: PAN
 Statistical analysis: PAN
 Analysis and interpretation: PAN
 Writing the article: PAN
 Critical revision of the article: ShVI
 Overall responsibility: ShVI

Submitted 26.05.22
Accepted 29.09.22