

С.В. Апресян¹,
к.м.н., профессор кафедры ортопедической
стоматологии

М.С. Терехов²,
клинический ординатор отделения
современных технологий протезирования

¹ РУДН

² ЦНИИСиЧЛХ

Сравнительный анализ современных методов изготовления полных съемных протезов

S.V. Apresyan, M.S. Terekhov

The comparative analysis of modern methods of manufacturing complete removable dentures

Реферат. Цель — посредством обзора литературы провести анализ данных касательно изготовления, материалов, свойств и положительных качеств современных методов изготовления полных съемных зубных протезов. **Материалы и методы.** Выполнен поиск информации на английском языке, без ограничений по времени, в базе данных PubMed Central, также произведен поиск в системе Google и анализ списков литературы, соответствующих исследований и обзоров. Подбор публикаций осуществлялся по запросу “Digital complete removable dentures”, в PubMed Central было обнаружено 389 статей, из них релевантными оказались 17. Для анализа выбраны публикации, в которых подробно описывались алгоритмы лечения пациентов с полным отсутствием зубов, при помощи полных съемных зубных протезов, изготовленных путем фрезерования или прототипирования, а также различные физико-химические свойства материалов, использующихся при изготовлении данных протезов. **Результаты.** На основании полученных данных проанализированы современные методы изготовления полных съемных зубных протезов, описаны различные системы, при помощи которых возможен дизайн и в последующем изготовление полных съемных зубных протезов. Также было проведено описание и сравнение аналоговых методов и цифровых для определения положительных качеств и недостатков изготавливаемых протезов. **Заключение.** Современные методы изготовления полных съемных зубных протезов, хотя и имеют ряд положительных качеств, все еще нуждаются в усовершенствовании своих технологий производства, что позволит полностью отойти от аналоговых методов и сделать процедуру изготовления данных протезов не только краткосрочной, но и широко доступной.

Ключевые слова: фрезерование, прототипирование, цифровой, полный съемный зубной протез

Abstract. Aim — through a review of the literature to analyze the data regarding of the manufacture, materials, properties and positive qualities of modern methods of manufacturing complete dentures. **Materials and methods.** Information was searched in English without time limits in the PubMed Central database, Google was also searched and the literature lists, relevant studies and reviews were analyzed. The selection of publications was carried out at the request of “Digital complete removable dentures”, 389 articles were found in PubMed Central, of which 17 were relevant. For analysis, publications were selected that described in detail the treatment algorithms for patients with complete absence of teeth, using complete removable dentures, made by milling or prototyping, as well as various physico-chemical properties of materials of these prostheses. **Results.** Based on the data obtained, the following were analyzed: modern methods of manufacturing complete removable dentures, various systems were described that can be used to design and subsequently manufacture complete removable dentures. Also, a description and comparison was carried out, of analog methods and digital, to determine the positive qualities and shortcomings of the prostheses made. **Conclusion.** Modern methods of manufacturing complete removable dentures, although they have a number of positive qualities, still need to improve their production technologies, which will completely move away from analog methods and make the procedure for manufacturing these prostheses not only short-term, but also widely available.

Key words: milling, prototyping, digital, complete removable denture

В последнее время в связи с развитием и широким распространением цифровых технологий, в частности, в съемном зубном протезировании, становится необходимым понимание всех преимуществ и недостатков аналоговых методов изготовления, существующих на данном этапе развития, для дальнейшей модернизации процессов изготовления полных съемных зубных протезов [1, 2]. Переход к полностью цифровому протоколу может позволить упростить технологию изготовления

полных съемных зубных протезов, а также сократить их время изготовления.

На сегодняшний день существуют аналоговые и цифровые методы изготовления полных съемных зубных протезов [3]. К цифровым методам относятся прототипирование и фрезерование. Аналоговые методы характеризуются изготовлением полных съемных протезов в течение пяти клинических этапов: снятие анатомических оттисков, снятие функциональных оттисков,

регистрация взаимоотношений челюстей, нанесение ориентиров на восковые шаблоны, пробное размещение воскового зубного протеза и припасовка готовых протезов [4]. Цифровые методы позволяют сократить количество посещений от 2 до 4, что экономит время как врача, так и пациента [5, 6].

Аналоговые методы, хотя и имеют более высокую разрешающую способность, позволяя осуществлять изготовление протезов практически при любых клинических условиях, по точности уступают цифровым методам [7, 8]. Преимуществами цифровых методов изготовления относительно аналоговых являются: повышение качества изготовленных протезов за счет автоматизированного производства, возможность повторного использования данных, полученных в ходе обследования, что в случае утери или поломки протеза позволяет изготовить новый без повторного прохождения пациентом всех этапов, а также относительная быстрота за счет сокращения количества посещений врача пациентом, но это относительно положительная характеристика, как описано в исследованиях G. Bonnet и соавт. и A.F. Mendonca и соавт., качество таких протезов за счет неточных измерений и отсутствия прототипов или временных протезов резко падает [4, 9, 10]. В таблице представлены достоинства и недостатки цифровых методов относительно аналоговых [9–11].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как уже было отмечено ранее, к современным цифровым методам изготовления полных съемных протезов относятся аддитивные технологии (прототипирование) и субтрактивные (фрезерование). Первый метод характеризуется изготовлением протезов на 3D-принтере с использованием светочувствительной жидкой смолы. Для второго метода определяющим является изготовление протезов на фрезерном станке, отдельно базиса и зубов из дисков ПММА (полиметилметакрилата) и последующим склеиванием их при помощи специального бонда на примере Ivoclar Vivadent (Wieland Digital Denture), либо фрезерование монолитной конструкции на примере AvaDent Digital Denture. Считается, что протезы, изготовленные при помощи 3D-печати, менее точные и могут подвергаться усадке на этапе изготовления, что приводит к использованию их преимущественно во временном протезировании как прототипы фрезерованных протезов, нежели как конечный протез, в то время как фрезерованные за счет своих свойств используются больше как конечные [12, 13].

Существуют различные CAD/CAM-системы для фрезерования, позволяющие изготовить полные съемные протезы, исключая дополнительные посещения. Такими системами являются Ivoclar Vivadent — включает 4 посещения пациента, цифровые системы, как AvaDent, так и Whole You Nexteeth позволяют изготавливать зубные протезы за 3 (включая наложение прототипов) или 2 (без прототипов) посещения. Baltic Denture System предусматривает полное изготовление

Сравнительная характеристика аналоговых и цифровых методов изготовления полных съемных зубных протезов

	Аналоговые	Цифровые
Количество посещений	5	2–4
Возможность использования во всех клинических ситуациях	Да	Нет
Стоимость изготовления	Ниже	Выше
Хранение информации в базе данных	Нет	Да
Количество остаточного мономера на поверхности протезов	Стандартное	Ниже, чем у аналоговых

протезов за 2 посещения, VITA VIONIC представляет собой систему, позволяющую выбирать между различными протоколами лечения [6, 14].

Протокол системы Ivoclar Vivadent близок к аналоговым, в то время как протокол Baltic Denture System наиболее отдален от него. Но стоит отметить недостатки системы Baltic Denture System, в которой невозможно создавать полные съемные протезы только для одной челюсти, дисгнатия также является ограничивающим фактором, стоит отметить, что из-за наличия стандартных BD Keys невозможно изменять ширину и толщину зубов относительно друг друга, что делает использование этой системы в весьма ограниченном спектре клинических случаев [14].

Для каждой системы за исключением VITA VIONIC используются свои, характерные сканеры и оборудование, являющимися неотъемлемыми частями.

Одной из особенностей системы Ivoclar Vivadent является использование ложки Centric Tray для регистрации центрального соотношения. Данная ложка устанавливается на Universal Transferbow System (UTS CAD), при помощи данного инструмента, как и при помощи лицевой дуги, мы можем определить положение окклюзионной плоскости относительно камперовской горизонтали и межзрачковой линии, при помощи внутриротового инструмента Gnathometer Cad определяется взаиморасположение между челюстями. После определения вышеперечисленных параметров происходит перенос данных в CAD, для последующего моделирования шаблонов с прикусными валиками и работе в виртуальном артикуляторе [4, 9].

При работе в системе AvaDent Digital Denture в первое посещение производится снятие функциональных оттисков и определение шести важных факторов, таких как центральное соотношение, средняя линия, высота нижней трети лица, длина верхней губы, высота линии улыбки и определение положения передних резцов. Функциональные оттиски получают при помощи индивидуальных ложек из термопласта, а высота нижней трети лица определяется при помощи анатомического измерительного устройства (anatomical measuring device — AMD). Полученные данные и оттиски отправляются в лабораторию AvaDent Digital Denture, где изготавливается прототип будущего протеза. Во второе посещение мы уточняем полученные ранее данные для

проведения необходимых коррекций и индивидуализируем данный прототип протеза. После проведения вышеуказанных манипуляций, прототип протеза отправляется вновь в лабораторию и к третьему посещению врач получает готовый протез [5, 15].

Система Whole You Nexteeth, как и система AvaDent Digital Denture, предлагает получение полных съемных зубных протезов за 3 посещения. В системе Whole You Nexteeth при помощи оттисков автоматически генерируется информация об окклюзионной плоскости, опоре губ, функциональные оттиски получают при помощи ложек DENTCA, высота регистрируется при помощи специального стилуса, устанавливаемого на нижнюю ложку, центральное соотношение регистрируется путем записи готической дуги на плоскости, встроенной в верхнюю оттискную ложку. Во второе посещение возможно получение прототипа зубного протеза при помощи 3D-печати для возможной корректировки и дальнейшего получения более точного окончательного зубного протеза [5].

В системе Baltic Denture System отличительной особенностью является корректировка прикуса на BD Keys. BD Keys являются шаблонами будущих протезов, которые врач индивидуализирует под анатомические особенности пациента, уточняя прикус, высоту и другие параметры, необходимые для создания высокоточного протеза. При помощи BD Keys получают функциональные оттиски и в последующем во второе посещение пациент получает окончательный протез [5].

В каждой системе возможно создание полного съемного протеза высокого качества. Выбор системы зависит не только от опыта врача, но и от подручных материалов, а также, как описано выше, от клинической ситуации.

Также стоит отметить одну из проблем — это невозможность получения оптического оттиска непосредственно полости рта, на данном технологическом уровне могут быть отсканированы оттиски, восковые валики или модели, что делает необходимым участие лаборатории в создании протезов данного вида [14, 16, 17].

Стоит отметить существующие технологии моделирования на основе сканов лица, что помогает более детально понять клиническую ситуацию и лучше спланировать ход лечения [18].

Касательно свойств материалов, на основе которых изготавливаются протезы, были найдены исследования, сравнивающие ПММА для методов аналогового и фрезерования. На основе этих данных можно заключить, что у материала, используемого при фрезеровании, прочность на изгиб и количество остаточного мономера ниже, чем у аналогового, в то время как модуль упругости и твердость выше, что делает предпочтительным использование материалов для фрезерования и дает преимущество перед материалами, которые используются при аналоговых методах изготовления [11, 12]. Исследований, связанных со сравнением материалов для аддитивной технологии с другими технологиями, проведено не было. Известно, что при 3D-печати

возможно смешивать различные пластмассы, комбинируя эти пластмассы на основе бис-ЭМА (этоксигированный бисфенол А-диметакрилат), аналог бис-ГМА, без гидроксильной группы, УДМА (уретан диметакрилат), ТЭГДМА (диметакрилат триэтиленгликоля), можно добиться свойств, практически не уступающим свойствам пластмасс, используемых при фрезеровании, что позволяет достигать удовлетворительных результатов лечения [13, 19].

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то, что в наше время цифровая стоматология приобрела огромную популярность, она не лишена недостатков и нерешенных вопросов, которые не дают перейти к полностью цифровому протоколу изготовления полных съемных протезов, то есть сейчас современные методы изготовления сводятся к заимствованию технологий из цифровых и аналоговых методов изготовления. Так, технологии еще не достигли совершенства в получении оптических оттисков из-за невозможности точной передачи рельефа беззубой челюсти, а также современные сканеры не могут определять степень податливости слизистой, что на данный момент не может заменить классических альгинатных оттисков [4]. Также системы дизайна протезов еще нуждаются в доработке и дальнейших обновлениях из-за невозможности полной свободы действий в данных программах. Касательно предпочтения аддитивной или субтрактивной технологий, все зависит от материального и интеллектуального ресурса, потому как в исследовании N. Kalberer и соавт. описано, что протезы, изготовленные при помощи этих технологий, имеют удовлетворительные для пациента качества и не вызывают какого-либо дискомфорта, что дает основание равноценно использовать обе технологии в изготовлении полных съемных протезов [13, 20–22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам анализа литературы можно сделать заключение, что в настоящее время цифровые технологии дают огромные возможности в достижении прецизионности полных съемных протезов к протезному ложу, а также улучшении свойств протезов, таких как увеличение модуля упругости при изгибе и твердости поверхности протеза, уменьшение после полимеризации в составе протеза остаточного мономера, который уменьшает прочность протеза и увеличивает адгезию микроорганизмов к поверхности протеза, а также может быть причиной развития аллергических реакций. Последующие улучшения технологий сканирования и непосредственного изготовления позволят перейти к полностью цифровому протоколу и в последующем открыть новые возможности в цифровой стоматологии.

Л И Т Е Р А Т У Р А /
R E F E R E N C E S :

.....

1. **van der Zande M.M., Gorter R.C., Bruers J.J.M., Aartman I.H.A., Wismeijer D.** Dentists' opinions on using digital technologies in dental practice. — *Community Dent Oral Epidemiol.* — 2018; 46 (2): 143—153.
2. **Deng K., Wang Y., Zhou Y., Sun Y.** Functionally suitable digital removable complete dentures: A dental technique. — *J Prosthet Dent.* — 2019 Oct 4. DOI: 10.1016/j.prosdent.2019.05.024 [Epub ahead of print].
3. **Janeva N.M., Kovacevska G., Elencevski S., Panchevska S., Mijoska A., Lazarevska B.** Advantages of CAD/CAM versus conventional complete dentures — a review. — *Open Access Maced J Med Sci.* — 2018; 6 (8): 1498—1502.
4. **Han W., Li Y., Zhang Y., Lv Y., Zhang Y., Hu P., Liu H., Ma Z., Shen Y.** Design and fabrication of complete dentures using CAD/CAM technology. — *Medicine (Baltimore).* — 2017; 96 (1): e5435. DOI:10.1097/md.0000000000005435.
5. **Steinmassl P.A., Klaunzer F., Steinmassl O., Dumfahrt H., Grunert I.** Evaluation of currently available CAD/CAM denture systems. — *Int J Prosthodont.* — 2017; 30 (2): 116—22.
6. **Srinivasan M., Cantin Y., Mehl A., Gjengedal H., Müller F., Schimmel M.** CAD/CAM milled removable complete dentures: an in vitro evaluation of trueness. — *Clin Oral Investig.* — 2017; 21 (6): 2007—19.
7. **Lee S., Hong S.J., Paek J., Pae A., Kwon K.R., Noh K.** Comparing accuracy of denture bases fabricated by injection molding, CAD/CAM milling, and rapid prototyping method. — *J Adv Prosthodont.* — 2019; 11 (1): 55—64.
8. **Lo Russo L., Salamini A.** Removable complete digital dentures: A workflow that integrates open technologies. — *J Prosthet Dent.* — 2018; 119 (5): 727—32.
9. **Bonnet G., Batisse C., Bessadet M., Nicolas E., Veyrune J.L.** A new digital denture procedure: a first practitioners appraisal. — *BMC Oral Health.* — 2017; 17 (1): 155.
10. **de Mendonça A.F., Furtado de Mendonça M., White G.S., Sara G., Littlefair D.** Total CAD/CAM Supported Method for Manufacturing Removable Complete Dentures. — *Case Rep Dent.* — 2016; 2016: 1259581.
11. **Ayman A.D.** The residual monomer content and mechanical properties of CAD\CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins. — *Electron Physician.* — 2017; 9 (7): 4766—72.
12. **Srinivasan M. et al.** CAD/CAM milled complete removable dental prostheses: An in vitro evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface roughness. — *Dent Mater J.* — 2018; 37 (4): 526—33.
13. **Kalberer N., Mehl A., Schimmel M., Müller F., Srinivasan M.** CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. — *J Prosthet Dent.* — 2019; 121 (4): 637—43.
14. **Steinmassl P.A., Klaunzer F., Steinmassl O., Dumfahrt H., Grunert I.** Evaluation of Currently Available CAD/CAM Denture Systems. — *Int J Prosthodont.* — 2017; 30 (2): 116—22.
15. **AvaDent.** Clinical protocols. — https://www.avadent.com/wp-content/uploads/2019/11/Clinical_Protocols_V1.01_103019_web.pdf
16. **Jung S., Park C., Yang H.S., Lim H.P., Yun K.D., Ying Z., Park S.W.** Comparison of different impression techniques for edentulous jaws using three-dimensional analysis. — *J Adv Prosthodont.* — 2019; 11 (3): 179—86.
17. **Hirayama H.** Digital removable complete denture (DRCD). — In: Tamimi F., Hirayama H. (eds.) *Digital Restorative Dentistry.* — Cham, Switzerland: Springer, 2019: 115—136. DOI: 10.1007/978-3-030-15974-0_6
18. **Hassan B., Greven M., Wismeijer D.** Integrating 3D facial scanning in a digital workflow to CAD/CAM design and fabricate complete dentures for immediate total mouth rehabilitation. — *J Adv Prosthodont.* — 2017; 9 (5): 381—6.
19. **Lin C.H., Lin Y.M., Lai Y.L., Lee S.Y.** Mechanical properties, accuracy, and cytotoxicity of UV-polymerized 3D printing resins composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. — *J Prosthet Dent.* — 2020; 123 (2): 349—54.
20. **Schwindling F.S., Stober T.** A comparison of two digital techniques for the fabrication of complete removable dental prostheses: A pilot clinical study. — *J Prosthet Dent.* — 2016; 116 (5): 756—63.
21. **Hwang H.J., Lee S.J., Park E.J., Yoon H.I.** Assessment of the trueness and tissue surface adaptation of CAD-CAM maxillary denture bases manufactured using digital light processing. — *J Prosthet Dent.* — 2019; 121 (1): 110—7.
22. **Yoon H.I., Hwang H.J., Ohkubo C., Han J.S., Park E.J.** Evaluation of the trueness and tissue surface adaptation of CAD-CAM mandibular denture bases manufactured using digital light processing. — *J Prosthet Dent.* — 2018; 120 (6): 919—26.