

ХАРАКТЕРИСТИКА, АНАЛИЗ И ПРЕИМУЩЕСТВА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ CAD/CAM СИСТЕМ

Высшее государственное учебное заведение Украины

«Украинская медицинская стоматологическая академия» (г. Полтава)

ort_stom_umsa@mail.ru

Данная работа является фрагментом НДР «Новые технологии, современные и усовершенствованные зуботехнические материалы в реабилитации больных с патологией зубочелюстной системы», № государственной регистрации 0111U006304.

Вступление. Теоретические основы автоматизированного проектирования и производства (CAD/CAM) различных объектов сформировались еще в 1960-х – начале 70-х годов. Для обозначения систем автоматизированного проектирования во всем мире используется аббревиатура CAD (от англ. Computer-Aided Design), а для обозначения систем автоматизации производства – CAM (от англ. Computer-Aided Manufacturing). Таким образом, CAD определяет область геометрического моделирования разнообразных объектов с использованием компьютерных технологий. Термин CAM, соответственно, означает автоматизацию решения геометрических задач в технологии производства. В основном это расчет траектории движения инструмента. Поскольку эти процессы дополняют друг друга, в литературе часто встречается термин CAD/CAM. Интегрированные CAD/CAM системы – это максимально наукоемкие продукты, постоянно развивающиеся и включающие в себя новейшие знания в области моделирования и обработки материалов [9].

Целью данной работы явилось изучение известных CAD/CAM – систем, их технологических основ, анализ технических возможностей, а так же преимущества применения при изготовлении того или иного вида ортопедической конструкции.

Объект и методы исследования. Источники научно – медицинской литературы по вопросу автоматизированного компьютерного моделирования и изготовления ортопедических конструкций.

Результаты исследований и их обсуждение. Технология изготовления зубных протезов посредством компьютерного дизайна и компьютерного производства представляет собой слияние нескольких наук: математики, оптики, электроники, компьютерного распознавания изображений с последующим анализом, а также автоматического управления и автоматической обработки. В настоящее время существует более десяти видов CAD/CAM – систем, с помощью которых можно производить вкладки, виниры, коронки, как полные, так и частичные, мостовидные протезы, а так челюстно-лицевые протезы [1,2,3,5].

Не зависимо от вида, все CAD/CAM – системы имеют общие технологические основы:

- **сбор данных;**
- **системы автоматизированного проектирования;**
- **системы автоматизированного производства.**

Задачей **первого этапа** является получение исходных данных о зубах, подлежащих восстановлению, окружающих их тканях, а также о состоянии зубов – антагонистов. Это обеспечит необходимой информацией ортопеда – стоматолога и зубного техника для точной диагностики и выбора тактики лечения. В настоящее время существуют две главные технологии сбора данных: **оптического отражения и механического сбора.**

Основным принципом **техники оптического отражения** или технологии лазерного сканирования является получение необходимых данных о реставрируемой части лазерным детектором, последующее преобразование светового сигнала в цифровой с помощью фоторецептора, подключенного к компьютеру. В дальнейшем происходит преобразование цифрового сигнала в изображение и отображение его на экране. Благодаря высокой точности измерений и простоте технологии выполнения этот метод получил широкое распространение. Перед исследованием зубы покрываются специальным отражающим средством. Используя принцип оптического отражения, с помощью оральной видеокамеры из источника света проецируют серии решетчатых пучков на зубы. Отраженный световой сигнал фиксируется видеокамерой и преобразуется затем в напряжение силы компьютером, подключенным к оптическому зонду. Значение глубины полости получают с помощью A/V преобразования и 3D – изображение возникает на экране [4,6,8].

Технология **механического сбора** представляет собой вид контактного измерения, предусматривающего непосредственное прикосновение механического зонда к гипсовой модели, выбор ключевых точек и точки отсчета соответствующего числа поверхностей зубов на гипсовой модели. Данные вводятся в компьютер для обработки изображений, а затем по ним может быть завершена 3D – реконструкция зубных рядов, чтобы воспроизвести стерео и создать виртуальную модель CAD, которая эквивалентна гипсовой модели [8,9].

В некоторых случаях будущую виртуальную модель можно получить, используя компьютерную томограмму пациента.

Автоматизированное проектирование (CAD) или компьютерный дизайн используется для выполнения цифровой восковой реставрации на виртуальной модели. Большинство систем имеют базу данных о средне – анатомическом строении зубов и проводят моделирование наружной поверхности конструкции в соответствии с ней. Данные о внутренней поверхности получают путем добавления толщины адгезивного слоя на основу культи препарированного зуба. Внутренние и наружные поверхности ограничены в области линии шейки определяемой системой. Но наиболее эффективное моделирование производится согласно данным лазерного сканирования. В этом случае наблюдается плавное скольжение окклюзионных поверхностей зубов и отсутствие каких-либо блокирующих моментов [10, 11, 13, 17].

Автоматизированное производство (CAM) является непосредственным преобразованием восковой модели в готовую ортопедическую конструкцию. Это достигается с помощью небольшого точного станка с числовым программным управлением (ЧПУ) или лазерной формовочной машины. Большая часть существующих CAD/CAM – систем используют точные фрезерные станки с ЧПУ со степенью свободы в 3,5 – 5, способные фрезеровать керамику или сплавы, изготавливать керамические виниры, вкладки, коронки, мостовидные протезы и другие не прямые реставрации. Лазерная формовочная машина может сварить полный съемный протез. Границы готового протеза ламинируются фотополимерным материалом [10, 11, 13, 17].

Первый прототип стоматологической CAD/CAM – системы разработан группой французских исследователей во главе с F. Duret в 1983 году. Авторы представили его на Международной стоматологической конференции во Франции в 1985 году, где наглядно продемонстрировали успешное изготовление пациенту одиночной коронки, которая затем зафиксирована в полости рта. Этот пример сделал CAD/CAM в стоматологии реальностью, а система получила название **DURET**. Главный принцип ее работы заключается в использовании электронного оптического метода. Чтобы получить отображение зуба используется оптический оттиск, затем он преобразуется в цифровой формат, вводится в компьютер, где генерируется трехмерное изображение и создается виртуальная конструкция протеза. На окончательном этапе фрезеруется не прямая реставрация. В последующем система DURET была усовершенствована компанией Sopha Bioconcept company (Франция), после чего стала известна под названием **SOPHA DURET**. Внешние модификации позволяют адаптировать межчелюстные соотношения и устанавливать зубы в центральной окклюзии. Система способна обрабатывать керамические материалы и титановый сплав [14].

Система **CEREC** (Швейцария) была совместно разработана и создана стоматологом Morgann и инженером Brandetini, впервые выставлена в Цюрихе в 1986 году. Система состоит из трехмерной внутри ротовой камеры, дисплея, клавиатуры, трекбола, фрезерного станка, а также программного обеспечения

обработки изображений и программного обеспечения обработки данных. Используется в основном для работы с керамикой [12].

Система **CEREC 3D**, выпущенная в 2003 году, устранила многие недостатки предыдущих моделей. Благодаря дополнению многомерной точки зрения, интуитивно понятного интерфейса решены многие проблемы в процессе создания не прямых реставраций. Пользователи могут наблюдать и оценивать проектную реставрацию с любого угла, редактировать и изменять отображаемые на экране компьютера объекты с помощью виртуальных инструментов. Улучшение в работе коснулось и применения новых материалов, таких как оксид циркония. С помощью системы CEREC 3D стало возможным производство всех керамических вкладок, виниров и полных коронок [7].

Система **KaVo Everest**, содержащая зуботехнический набор системы CAD/CAM, была представлена немецкой компанией KaVo Dental в 2003 году. Она состоит из сканера для сбора данных, системы автоматизированного проектирования, фрезерного станка с ЧПУ, системы спекания, других специальных материалов, применяемых в зуботехнической лаборатории. Система позволяет производить все виды несъемных керамических конструкций. Особенностью KaVo Everest является возможность изготавливать керамические мостовидные протезы протяженностью 45 миллиметров [15].

Система **ProCERA AllCeram** (авторы Andersson и Oden) была совместно разработана и исследована компаниями Nobel Biocare AB и AB Sandvik Hard of Materials (Швеция) и впервые представлена в Швейцарии в 1987 году. Система состоит из двух компонентов CAD/CAM [13, 16].

Появление новых материалов способствовало разработке новых CAD/CAM – систем для их обработки. В 2002 году начал выпуск циркониевой керамики CERCON с прочностью на изгиб более чем 1300 МПа. Этот вид стоматологической керамики, как наиболее крепкий, применяется для изготовления мостовидных протезов. Для обработки такого сверхпрочного материала была разработана CAD/CAM – система **Cercon Degudent**. Аналогичная CAD/CAM – система **LAVA** предназначена для изготовления из оксида циркония всех видов керамических коронок, мостовидных протезов и абатментов, разработана и создана компанией 3M ESPE. Система **LAVA** состоит из высокоточного сканера, программного обеспечения CAD, системы измельчения, печи для спекания и другого необходимого оборудования [18].

CAD/CAM – система Delcam (Великобритания) имеет широкое техническое применение. Но кроме этого в ее арсенале есть множество медицинских, в том числе и стоматологических, программ, позволяющих не только фрезеровать керамические зубопротезные конструкции, но также проектировать и изготавливать челюстно-лицевые протезы [3].

Выводы. Современные технологии фотооптики, компьютерного анализа изображений, последующего

производства и обработки имеют ряд преимуществ перед классическими технологиями изготовления зубных протезов. В частности, сокращение до 1 количества посещений для пациента, снижение нагрузки на врача, не требуется участия зубного техника, не осуществляется процесс литья, экономятся материалы, труд и время. Ортопедические конструкции удовлетворяют высокие эстетические требования, имеют повышенную прочность. Прецизионная точность изготовления конструкций, возможность моделирования

поверхности высокой сложности, а также обработка любых материалов, позволили использовать CAD/CAM технологии в ортопедической стоматологии.

Перспективы дальнейших исследований. Усовершенствование изготовления зубных и челюстно-лицевых протезов в направлении от ручного управления технологическим процессом до автоматизированного проектирования и автоматизации производства.

Литература

1. Вольвач С. И. Обзор новых разработок и модификаций известных технологий CAD/CAM стоматологического назначения. Часть II. Технологии изготовления цельно-керамических реставраций из мягкой керамики / С. И. Вольвач // Новое в стоматологии для зубных техников. – 2003. – № 8 (98). – С. 102-107.
2. Вольвач С. И. Обзор новых разработок и модификаций известных технологий CAD/CAM стоматологического назначения. Часть III. Технологии изготовления цельно-керамических реставраций из мягкой керамики / С. И. Вольвач // Новое в стоматологии для зубных техников. – 2004. – № 2 (75). – С. 81-88.
3. Єрис Л. Б. Застосування програмного продукту Delcam для виготовлення резекційного імплантату при однобічній резекції нижньої щелепи / Л. Б. Єрис // Український стоматологічний альманах. – 2014. – № 4. – С. 32-35.
4. Ибрагимов Т. И. Некоторые технические, характеристики CAD/CAM систем, применяющих в работе интраоральные камеры / Т. И. Ибрагимов, Н. А. Цаликова, А. Ш. Хуранов [и др.] // Стоматология для всех. – 2008. – № 3 (44). – С. 30-32.
5. Косулин С. Разработка технологии создания экзопротеза носа человека с применением CAD/CAM – систем компании Delcam / С. Косулин // САПР и графика. – 2013. – № 2. – С. 101-104.
6. Костюкова В. В. Сравнительный обзор внутриротных трехмерных цифровых сканеров для ортопедической стоматологии / В. В. Костюкова, А. Н. Ряховский, М. М. Уханов // Стоматология. – 2014. – № 1, Т. 93. – С. 53-59.
7. Мурашов М. А. Применение системы CEREC 3D для протезирования коронок передних зубов верхней челюсти после травмы : автореф. дис. на соискание научной степени канд. мед. наук : спец. 14. 00. 21 «Стоматология» / М. А. Мурашов. – 2009. – 90 с.
8. Пивоваров В. И. Современные цифровые технологии изготовления зубных протезов / В. И. Пивоваров, Е. Н. Бондарь, И. П. Рыжов // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – Том 7, № 1. – С. 322-323.
9. Полховский Д. М. Применение компьютерных технологий в стоматологии / Д. М. Полховский // Современная стоматология. – 2008. – № 1. – С. 24-27.
10. Разумная З. В. Совершенствование технологии изготовления зубных протезов с помощью CAD/CAM – систем : автореф. дис. на соискание научной степени канд. мед. наук : спец. 14.00.21 «Стоматология» / З. В. Разумная. – 2012. – 96 с.
11. Ряховский А. Н. Сравнительное исследование различных CAD/CAM – систем для изготовления каркасов несъемных зубных протезов / А. Н. Ряховский, А. А. Карапетян, Г. С. Аваков // Стоматология. – 2011. – № 2. – С. 57-61.
12. Трезубов В. Н. Протетическая реставрация зубов: система CEREC Учебное пособие / В. Н. Трезубов, С. Д. Арутюнов. – СПб. : Спецлит., 2005. – 63 с.
13. Brien R. Lang. PROCERA® AllCeram Bridge / Brien R. Lang, Paulo Maly, Carlos M. Guedes [et al.] // Applied Osseointegration Research. – 2004. -Vol. 4. – P. 13-21.
14. Duret F. CAD/CAM in dentistry / F. Duret [et al.] // J. Am. Dent. Assoc. – 1988. – Vol. 117 (6). – P. 715-720.
15. Hamza TA1. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems / T. A. 1. Hamza, H. A. Ezzat, M. M. El-Hossary [et al.] // J. Prosthet. Dent. – 2013. – Vol. 109 (2). – P. 83-87. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60020-7.
16. Odÿn A. I. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns / A. I. Odÿn, M. Andersson, I. Ondracek, D. Krystek-Magnusson // J. Prosthet. Dent. – 1998. – Vol. 80 (4). – P. 450-456.
17. Rekow D. Computer-Aided Design and manufacturing in Dentistry / D. Rekow // Art. J. Prosthet. Dent. – 1987. – Vol. 58 (4). – P. 512-516.
18. Rekow E. D. Dental CAD/CAM systems: a 20 year success story / E. D. Rekow // CAD/ CAM technology in restorative dental care. – 2006. – P. 5S-6S.

УДК 616. 31:614. 255. 6. 28. 004

ХАРАКТЕРИСТИКА, АНАЛІЗ І ПЕРЕВАГИ СТОМАТОЛОГІЧНИХ CAD/CAM СИСТЕМ

Цинь Лінфен, Хе Чжицянь

Резюме. В статті представлена характеристика існуючих стоматологічних CAD/CAM систем: DURET, SOPHA DURET, CEREC, CEREC 3D, KaVo Everest, ProCERA AllCeram, Cercon Degudent, LAVA, Delcam, вказано застосування для виготовлення того чи іншого виду ортопедичної конструкції. Здійснений аналіз їх технологічних основ та технічних можливостей, показані переваги перед класичними методами виготовлення протезів.

Ключові слова: автоматизоване проектування, автоматизоване виробництво.

УДК 616. 31:614. 255. 6. 28. 004

ХАРАКТЕРИСТИКА, АНАЛИЗ И ПРЕИМУЩЕСТВА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ CAD/CAM СИСТЕМ

Цинь Линфен, Хе Чжицянь

Резюме. В статье представлена характеристика существующих стоматологических CAD / CAM систем: DURET, SOPHA DURET, CEREC, CEREC 3D, KaVo Everest, ProCERA AllCeram, Cercon Degudent, LAVA, Delcam,

указано применение для изготовления того или иного вида ортопедической конструкции. Проведен анализ их технологических основ и технических возможностей, показаны преимущества перед классическими методами изготовления протезов.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, автоматизированное производство.

UDC 616.31:614.255.6.28.004

Identify, Analyze and Benefits of Dental CAD / CAM Systems

Qin Lingfeng, He Zhiqiang

Abstract. Theoretical foundations of computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) of various objects were formed back in 1960 – the beginning of the 70s. To refer to computer-aided design worldwide abbreviated CAD (Computer-Aided Design), and to refer to automation systems – CAM (Computer-Aided Manufacturing).

The aim of our work was to study according to the sources of literature known CAD / CAM – systems and technological bases, analysis of the technical possibilities, advantages of the use in the manufacture of a particular type of prosthesis.

The technology of manufacture of dentures by computer-aided design and computer aided manufacturing represents a fusion of several sciences: mathematics, optics, electronics, computer image recognition with subsequent analysis, as well as automatic control and automatic processing. Currently, there are more than ten kinds of CAD/CAM – systems that can be used to produce inlays, veneers, crowns both complete and partial, bridges, and maxillofacial prostheses. Regardless of type, all CAD/CAM – systems have common technological basis: The collection of data; The computer-aided design; The computer-aided manufacturing.

The first prototype of the dental CAD / CAM – system developed by a group of French researchers led by F. Duret in 1983. The main principle of her work is the use of electronic optical method. To obtain an image of the tooth using an optical impression, then it is converted into a digital format, entered into the computer, where generated three-dimensional image and creates a virtual design of the prosthesis. In the final step is milled indirect restoration. Subsequently, the system was improved by DURET Sopha Bioconcept company (France), after which she became known as SOPHA DURET. System CEREC (Switzerland) was jointly designed and developed a dentist and an engineer Mormann Brandetini, first exhibited in Zurich in 1986. System CEREC 3D, released In 2003, eliminated many of the shortcomings of previous models. With the help of CEREC 3D is made possible the production of ceramic inlays, veneers and full crowns. System KaVo Everest, containing a set of dental CAD / CAM, was presented by the German company KaVo Dental in 2003. The system allows all kinds of fixed ceramic constructions. To deal with this heavy-duty material was developed CAD / CAM – system Cercon Degudent. A similar CAD / CAM – LAVA system is designed for the manufacture of zirconium oxide all ceramic crowns, bridges and abutments designed and developed by 3M ESPE. CAD / CAM – system Delcam (UK) has a broad technical application. But other than that its arsenal is a set of medical, including dental, programs that not only milled ceramic denture design, but also design and manufacture maxillofacial prostheses.

Conclusions. Modern technology photo optics, computer image analysis, subsequent production and processing have several advantages over the classical technology of manufacturing dentures. In particular, the reduction in the number of visits to 1 for the patient, reducing the burden on the physician does not require the participation of the dental technician, not the process of casting, saving materials, labor and time. Orthopedic design meets high aesthetic demands have increased strength. High precision manufacturing structures, the ability to model the surface of high complexity, as well as treatment of any materials allowed the use of CAD / CAM technology in prosthetic dentistry.

Keywords: Computer-Aided Design, Computer-Aided Manufacturing.

Рецензент – проф. Дворник В. М.

Стаття надійшла 01. 04. 2015 р.