

Реферат. В настоящее время активно развиваются CAD/CAM-технологии в стоматологии, однако в основном они предназначены для изготовления несъемных протезов. Описан алгоритм разметки модели и поэтапного моделирования элементов бюгельного протеза. Представленная методика может стать заменой существующей классической схемы изготовления частичных съемных протезов.

Ключевые слова: бюгельный протез, цифровая графика, каркас, 3D-печать.

Введение. Стоматология всегда была тесно связана с новыми материалами и передовыми технологиями, пришедшими из различных отраслей науки. Еще в начале XX в. Dr. William H. Taggart представил технологию литья по восковой модели в стоматологии для изготовления коронок и мостовидных протезов, которая была адаптирована из метода, используемого в ювелирном деле. С появлением полимеров в 40–50-х гг. XX в. стали использоваться акриловые смолы для зубных протезов, полимеры для пломбирочных материалов и мономеры композитных смол для реставрационных материалов. Открытие Branemark особого свойства титана совершило переворот в стоматологической имплантологии. Так же произошло и с использованием новых технологий, таких как CAD/CAM (computer aided design/computer aided manufacture). CAD/CAM появились в стоматологии в 1970-х гг., первыми исследователями его применения в стоматологии были Дюрэ и Прэстон [4]. Затем последовали работы Moeermann в 1980-е гг., что привело к развитию системы CEREC. CAD/CAM сейчас стали широко используемой технологией во многих современных стоматологических клиниках и зуботехнических лабораториях. Однако большинство CAD/CAM-систем предназначены для создания несъемных протезов, и лишь незначительная часть из представленных на рынке программ дает возможность создавать цифровые модели бюгельных протезов [3]. Данная опция представлена в программном обеспечении Cerec inLab, 3Shape, Exocad.

Цель работы — создание алгоритма цифрового моделирования бюгельного протеза и его клиническая апробация.

Материалы и методы. Для выполнения нашей работы нам потребовалось профессиональное программное обеспечение для работы с цифровой графикой. Ознакомившись с возможностями большинства представленных на рынке программ, мы предложили методику цифрового моделирования бюгельных протезов при помощи графических пакетов Autodesk Mudbox и Autodesk Maya [1, 2]. Программа Autodesk Mudbox предназначена для цифровой лепки и работы исключительно с высокополигональной графикой. Программа Autodesk Maya имеет большой арсенал инструментов, среди которых имеется угломер, измерительные линейки, инструменты привязки и вычитания геометрии и набор инструментов для цифровой лепки. Подобное сочетание позволяет использовать программу для создания сложных геометрических объектов, что крайне необходимо при моделировании бюгельных протезов.

На первом этапе исследования были получены оттиски верхней и нижней челюстей и отлиты модели из супергипса. Затем при помощи параллелометра на модели нанесены межевые линии и рисунок каркаса будущего протеза. Далее модели были отсканированы при помощи оптического сканера для моделей Shining 3D. Данный сканер относится к первому поколению и требует использования специального порошка. В связи с этим не удалось в полной мере перенести рисунок каркаса протеза на цифровую модель челюсти.

На следующем этапе модели были загружены в цифровую среду программы Autodesk Mudbox.

Результаты и их обсуждение. Первым этапом работы с цифровой моделью является изоляция поднутрений, для этого прекрасно подходит инструмент «Fill», представленный на рабочей панели программы и предназначенный для выравнивания поверхности цифровой модели без потери ее объема.

После изоляции поднутрений мы приступили к разметке моделей и нанесению рисунка каркаса будущего протеза. Для этого модели были перенесены в программу Autodesk Maya, где при помощи измерительных линеек на них нанесли опорные точки с точностью до сотых долей миллиметра. Далее при помощи инструмента «Quad Draw» на модели наносили рисунок будущих базисов и элементов каркаса протеза.

Следующим этапом стало придание объема плоским рисункам каркаса, для этого был использован инструмент «*Extrude*», который позволяет работать с точностью до сотых долей миллиметра. После придания объема и детализации заготовкам каркаса мы приступили к расстановке зубов. Цифровые модели искусственных зубов были взяты из цифровой библиотеки программного обеспечения компании «*Amann Girrbach*». Для того чтобы расставить искусственные зубы с учетом окклюзионных контактов был использован инструмент «*Snap Together*». Данный инструмент относится к средствам привязки и позволяет точно располагать цифровые объекты относительно друг друга, указав точки их соприкосновения.

Последним этапом цифрового моделирования бюгельного протеза стало разделение искусственных базисов и создание в них места под седловидную часть каркаса. Так при помощи инструмента «*Boolean*», поочередно выбирая интересующие элементы каркаса протеза, происходит взаимное вычитание геометрии объектов и создание интересующего объема.

После завершения всех этапов цифрового моделирования заготовка протеза была сохранена в формате «*STL*» и отправлена на фрезерование и цифровую печать. В результате исследования удалось разработать алгоритм цифрового моделирования бюгельного протеза и провести его клиническую апробацию. Впоследствии методом фрезерования и трехмерной печати удалось перевести цифровые заготовки протеза в аналоговый вид. Также нами предложена альтернативная схема этапов конструирования бюгельного протеза.

Заключение. Разработанный алгоритм цифрового моделирования бюгельных протезов обладает рядом преимуществ в сравнении с классической методикой изготовления протезов и может стать перспективным направлением развития съемного протезирования. Он позволяет минимизировать материальные затраты, сократить количество клинических и лабораторных этапов, а значит, значительно упростить и ускорить процесс изготовления бюгельного протеза. Предложенный алгоритм также может использоваться для разработки оригинального программного обеспечения по виртуальному моделированию бюгельных протезов.

Литература

1. Бурлаков, М.В. К вершинам мастерства 3D Max 7 / М.В. Бурлаков. — М., 2006. — 665 с.
2. Кулагин, Б.Ю. Актуальное моделирование визуализация и анимация в 3ds Max 7.5 / Б.Ю. Кулагин. — СПб., 2005. — 485 с.
3. Beguma, Z. Rapid prototyping — when virtual meets reality / Z. Beguma, P. Chhedat // Int. J. Comput. Dent. — 2014. — Vol. 17, № 4. — P. 297–306.
4. Torabi, K. Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature / K. Torabi, E. Farjood, S. Namedani // J. Dent (Shiraz). — 2015. — Vol. 16, № 1. — P. 1–9.

DIGITAL MODELING OF REMOVABLE PARTIAL DENTURES

Naumovich S.S., Razorenov A.N.

Educational Establishment “The Belarusian State Medical University”, Minsk, Republic of Belarus

Currently, CAD/CAM technologies are actively being developed in dentistry, but mostly they are intended for the manufacture of fixed dentures. The aim of this research was to develop an algorithm of digital modeling of removable partial dentures using instrumented systems for digital graphics and animation. The phased algorithm of the model markup and elements modeling of removable partial denture using a graphical editor “Autodesk” is described. The presented method can be a substitute for the existing classical scheme of manufacturing of partial removable dentures.

Keywords: removable partial denture, digital graphics, framework, 3D-printing.