

ПЛАНИРОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОЛОСТИ РТА К ПРОТЕЗИРОВАНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

PLANNING OF PREPARATION OF THE ORAL CAVITY FOR PROSTHESIS USING COMPUTER SIMULATION

**A. Yaremenko
Aliyeva Sevinj Pasha Kyzy**

Summary. Recently, thanks to the development of computer technology, the possibility of virtual 3D-modeling of the prosthesis design and its further prototyping has appeared [1; 2; 5]. The main stages of preparing the oral cavity for prosthetics with the help of computer technologies are: obtaining a digital impression; processing and conversion of the received digital information; constructing a virtual model of the prosthesis; automated prosthesis manufacture. One of the most common in the practice of orthopedic dentistry is the program Blue Sky Plan. The templates made in the program are easily exported to STL files and do not require additional processing. The program contains a wide range of implant systems.

Keywords: 3D modeling, computer technologies, prosthesis modeling, preparation for prosthetics, Blue Sky Plan program, prosthetic dentistry.

Яременко Андрей Ильич

Д.м.н., профессор, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад.

И. П. Павлова

Алиева Севиндж Паша кызы

Аспирант, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад.

И. П. Павлова

alievasp@yandex.ru

Аннотация. В последнее время благодаря развитию компьютерных технологий появилась возможность виртуального 3D-моделирования конструкции протеза и дальнейшего его прототипирования [1; 2; 5]. Основными этапами подготовки ротовой полости к протезированию при помощи компьютерных технологий являются: получение цифрового слепка; обработка и преобразование полученной цифровой информации; конструирование виртуальной модели протеза; автоматизированное изготовление протеза. Одной из наиболее распространенных в практике ортопедической стоматологии является программа Blue Sky Plan. Шаблоны, изготовленные в программе, легко экспортируются в STL-файлы и не требуют дополнительной обработки. Программа содержит широкий перечень систем имплантатов.

Ключевые слова: 3D-моделирование, компьютерные технологии, моделирование протеза, подготовка к протезированию, программа Blue Sky Plan, ортопедическая стоматология.

Сегодня наступила эра технологий, и различные цифровые технологии нашли широкое применение в различных областях деятельности человека, в том числе, и в медицине [8; 9]. Цифровые технологии раскрывают широкие возможности перед врачами различных специальностей. Они упрощают документооборот, ведение картотеки, записи пациентов, позволяют диагностировать заболевания, разрабатывать тактику лечения. В диагностических целях широко применяются радиовизиографы, компьютерные томографы, виртуальные артикуляторы, цифровая фотоаппаратура. Некоторые технологии позволяют моделировать процессы протезирования, позволяют имитировать отдельные клинические случаи, прогнозировать результаты лечения, протезирования.

Широкое применение находят цифровые технологии и в ортопедической стоматологии, имплантологии. Они позволяют создавать трехмерные модели зубов, зубных рядов, позволяют быстро и качественно подготовить ротовую полость пациента к протезированию, смоделировав необходимый протез [4; 5].

На сегодняшний день существует два подхода к планированию подготовки полости рта к протезированию: традиционный и компьютерный. Суть традиционного метода подготовки ротовой полости состоит в снятии оттисков с протезного ложа. При этом используются различного рода оттискные материалы. Затем из полученного оттиска отливаются гипсовая модель, затем производится кюветирование моделей и их заливка по формам для дальнейшей вулканизации.

Однако в последнее время, благодаря интенсивному развитию компьютерного моделирования, процесс подготовки ротовой полости к протезированию существенно облегчился. Теперь появилась возможность сформировать 3D — модель будущего протеза виртуально. Затем производится прототипирование моделей [4; 5; 10].

В настоящее время наиболее широкое применение находит компьютерное проектирование и изготовление протезов при помощи специального компьютерного оборудования, получившего название CAD/CAM. Разра-

ботка данных систем началась еще в 60-е годы XX столетия [1]. Именно в этот период были заложены основы данного метода, произведена классификация, дано определение основным понятиям и терминам. Были разработаны стандарты применения данных технологий ГОСТ 34.003–90 [2] и ГОСТ 23501.101–87 [3].

CAD (англ. computer-aided design/drafting) — технология, представляющая собой средства автоматизированного проектирования, тогда как под САМ (англ. computer-aided manufacturing) подразумевают средства, предназначенные для технологической подготовки производства полученных моделей.

Многими авторами неоднократно предпринимались попытки произвести сравнительный анализ традиционного метода планирования протезирования и компьютерного метода. Отмечаются аргументы как в пользу традиционного, так и в пользу компьютерного метода. Наряду с преимуществами, каждый метод имеет свои недостатки. Тем не менее, в настоящее время большинство специалистов останавливает свой выбор именно на компьютерном моделировании как способе подготовки ротовой полости к протезированию. Это обусловлено рядом причин:

- ◆ снятие оптического оттиска становится менее затратным по времени;
- ◆ снятие оптического оттиска представляет собой бесконтактную методику, благодаря чему процедура становится менее болезненной, менее травматичной;
- ◆ снятие оттиска при помощи компьютерного моделирования существенно снижает давление на ткани, предотвращает натяжение тканей ложа. Это приводит к увеличению точности изображения;
- ◆ исключается вероятность искажения рельефа мягких тканей (при снятии традиционных оттисков рельеф искажается на 1–3 мм) [1; 5].

Последовательность процедуры такая: сначала снимается оптический оттиск (образуется 3D-модель), после этого техник приступает к моделированию пробной конструкции. При сравнении моделирования при помощи гипсовых и восковых моделей с компьютерными моделями, можно отметить, что компьютерное моделирование имеет ряд преимуществ. Тем не менее, большинство авторов приходит к выводу, что важно не то, каким методом пользуется врач, а то, насколько он им владеет. Ведь именно навыки и умение работать с теми или иными методами являются ведущими при определении результата исследования [1; 3].

Традиционное моделирование протеза рассматривается как трудоемкий процесс, который требует от техни-

ка не только технических навыков, но и знания анатомических особенностей протезируемого органа [4; 5; 6; 7]. Важным является также умение учитывать индивидуальные особенности каждого отдельного пациента. Только при таких условиях можно создать оптимальную форму для каждого конкретного случая.

При помощи компьютерного моделирования зубной техник может в процессе работы сразу видеть клиническую картину, оценивать и анализировать ее в динамике. Производится это за счет сканирования всей ротовой полости пациента, что позволяет ориентироваться на пропорции и положение зубов, основные характеристики ротовой полости. С учетом всех указанных параметров можно выстроить гармоничный протез [8].

К преимуществам данной методики можно отнести то, что при помощи компьютерной технологии есть возможность изготовить протезы, и создать базу данных пациентов. Это существенно расширяет возможности ортопедической стоматологии. Можно использовать накопленные 3D-модели в качестве донорских моделей. Это ускоряет подготовку ротовой полости к протезированию для дальнейших пациентов. Также существенно экономится пространство медицинской организации, поскольку автоматически отпадает потребность в хранении большого количества гипсовых моделей [1; 2]. Еще одно преимущество состоит в том, что при помощи компьютерного моделирования можно производить повторное изготовление протеза без потерь в качестве и точности, что невозможно при изготовлении гипсовых моделей. Компьютерное моделирование существенно увеличивает скорость подготовки ротовой полости к протезированию. При сравнении было показано, что на изготовление протеза традиционными способами уходит от нескольких дней до недели, тогда как на компьютере моделирование составляет не более 2–3 часов [7].

Изготовление протеза с использованием методов компьютерного моделирования проходит в 4 этапа. На первом этапе необходимо получить 3D-информацию. Затем производится ее обработка и дальнейшее создание 3D-дизайна протеза. По готовому дизайну изготавливают протез в соответствии с теми формами и размерами, которые были получены в процессе моделирования.

На первом этапе могут быть использованы различные методы получения изображения. Основными методами являются методы компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Широкое распространение в последние годы получило лазерное сканирование. Компьютерная и магнитно-резонансная томография рассматриваются в качестве основных методов меди-

цинского назначения. Они ориентированы на получение большого количества двумерных снимков [2; 8]. Им присваивается формат DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine).

Снимки находятся на определенном расстоянии друг от друга [8]. Изображение весьма информативно и может иметь важную диагностическую значимость, однако оно непригодно для того чтобы осуществить компьютерное моделирование протеза. Для этого потребуется специальная программа. Чаще всего используются такие программы, как «3D-Doctor, Able Software Corporation, Lexington, MA». При помощи этих программ можно перевести изображение из формата DICOM в формат STL (Stereolithography). Данный формат выступает в качестве стандартного формата, позволяющего производить компьютерное моделирование и создавать трехмерные модели [2; 8].

Что касается информации, полученной путем лазерного сканирования, то она изначально подается в формате STL. Суть метода состоит в том, что в сторону объекта направляется лазерный луч, который сканирует и анализирует поверхность. После этого сканер осуществляет тригонометрические расчеты, и высчитывает определенные параметры для каждой точки поверхности. Эти данные ложатся в основу дальнейшего моделирования протеза [1; 4]. Можно сказать, что изображение представляет собой множество точек, которые располагаются в соответствующем порядке.

В целом, вне зависимости от того, какой метод получения информации был выбран, в конечном итоге результатом должна стать качественная 3D-модель протезного ложа. Это дает основание технику перейти к созданию дизайна протеза. Может быть изготовлен собственно образец протеза, либо его негативная форма: Computer Aided Design и Rapid Prototyping. Суть данного образца состоит в том, что этот образец должен соответствовать протезному ложу. В случае необходимости полученный образец можно менять в соответствии с требованиями при помощи воска. Также изменения могут быть внесены путем паковки в негативную форму силиконовой массы.

Однако независимо от выбранного варианта средствами его достижения на сегодняшний день являются 5 технических методов [6]:

- ◆ stereolithography (STL, стереолитография),
- ◆ selective laser sintering (SLS, лазерное спекание),
- ◆ solid ground curing (SGC, отверждение на твердом основании),
- ◆ fused deposition modeling (FDM, нанесение термопластов),
- ◆ laminated object manufacturing (LOM, ламинирование, моделирование при помощи склейки).

Каждая методика дает возможность получить удовлетворительные результаты. Ряд авторов указывает на то, что наиболее эффективным следует признать метод лазерного спекания. Это один из наиболее точных и быстрых методов [2; 4; 8; 10].

Все системы компьютерного моделирования представлены тремя основными компонентами. В них обязательно входят модули для сканирования, модули для проектирования, а также модули автоматизированного изготовления [9].

Модуль для сканирования представляет собой способ получения цифровых параметров отдельных объектов из ротовой полости. В первую очередь этот модуль позволяет оценить геометрические показатели протезного поля и состояние зубов-антагонистов. Для этого применяются различные виды сканеров. В результате сканирования образуется цифровой слепок (digital impression). При использовании оптического сканера результатом является оптический слепок.

CAD — модуль представлен пакетом программного обеспечения, в котором представлен набор функций для обеспечения трехмерной визуализации полученной информации. При помощи данного модуля можно спроектировать виртуальный протез в соответствии с параметрами протезного поля. Также учитываются анатомо-функциональные характеристики.

CAM — модуль представляет собой модуль, ориентированный на изготовление протеза. В основном это фрезерные модули, которые направлены на обработку стандартных заготовок и реализацию дизайна протеза. При этом используются станки с числовым программным управлением.

Каждому из указанных модулей соответствует определенный этап подготовки ротовой полости к протезированию:

- ◆ получение цифрового слепка, который представляет собой регистрацию комплекса цифровых параметров интересующих нас объектов. С этой целью используются сканеры или дигитайзеры, применяющие контактные и бесконтактные методы измерения профиля поверхности;
- ◆ обработка и преобразование полученной цифровой информации, реконструкция поверхности зубов на мониторе, конструирование виртуальной модели протеза;
- ◆ автоматизированное изготовление протеза.

Основные модули системы компьютерного моделирования соответствуют этапам производства протеза [10].

При помощи компьютерного моделирования и использования шаблонов можно достичь высокой точности установки дентальных протезов. Также результаты ортопедического лечения будут более точными и предсказуемыми. Тем не менее, в настоящее время не многие врачи применяют методику компьютерного моделирования в своей работе. Это обусловлено тем, что не все врачи владеют навыками работы в подобных программах. Также подобные методики не применяются многими в связи с высокой стоимостью оборудования, предназначенного для изготовления шаблонов.

Одной из наиболее распространенных в практике ортопедической стоматологии является программа Blue Sky Plan. Она представляет собой современное программное обеспечение, направленное на компьютерное планирование протезирования полости рта. Шаблоны, изготовленные в программе, легко экспортируются в STL-файлы и не требуют дополнительной обработки. Программа содержит широкий перечень систем имплантатов [8]. Кроме того, на сайте есть бесплатная вер-

сия данной программы, что позволяет решить проблему высокой стоимости.

Как показывает практика, при условии правильного применения компьютерного моделирования в практике врача стоматолога (ортопеда), можно существенно улучшить качество протезирования, а также ускорить процесс подготовки ротовой полости к протезированию. Результаты будут более точными и предсказуемыми. Можно снизить риски и сократить вероятность развития осложнений в связи с возможностью прогнозирования результатов лечения, моделирования клинической ситуации в динамике. Установка тела импланта будет более точной, что существенно снижает риски и осложнения. Сканирование, проведенное перед операцией, позволяет своевременно выявить расположение костных структур, мягких тканей, витальных структур, подобрать оптимальное положение конструкции. Также компьютерное моделирование позволяет оценить ситуацию заранее, в предоперационном периоде, что снижает потребность в принятии экстренных решений во время самой операции, поможет предотвратить многие не желаемые последствия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Одонтопрепарирование при лечении винирами и керамическими коронками / С. Д. Арутюнов [и др.]. — М.: Молодая гвардия. — 2008. — 135 с.
2. ГОСТ 34.003–90 Информационная технология./ Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения.
3. ГОСТ 23501.101–87 «Системы автоматизированного проектирования. Основные положения», РД 250–680–88 /Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения.
4. Ибрагимов, Т. И. Современные методы изучения окклюзионной поверхности зубов/ Т. И. Ибрагимов, Г. В. Большаков, А. В. Габучян // Сборник трудов IX Всерос. науч.-практ. конф. «Образование, наука и практика в стоматологии» по единой тематике «Пути повышения качества стоматологической помощи». — М., 2012. — С. 94–96.
5. Ибрагимов, Т. И. Применение свойств виртуального артикулятора в клиническом планировании и контроле одонтопрепарирования / Т. И. Ибрагимов, Г. В. Большаков, А. В. Габучян, В. А. Князь // Сборник трудов IX Всерос науч.-практ. конф. «Образование, наука и практика в стоматологии» по единой тематике «Пути повышения качества стоматологической помощи». — М., 2012. — С. 96.
6. Малюх, В. Н. Введение в современные САПР / В. Н. Малюх //Курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 192 с.
7. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков //Учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 430 с.
8. Полховский, Д. М. Применение компьютерных технологий в стоматологии / Д. М. Полховский // Современная стоматология. — 2008. — № 1. — С. 24–27.
9. Ряховский, А. Н. Цифровая стоматология / А. Н. Ряховский. — М.: ООО «Авантис». — 2010. — 282 с.
10. Miyazaki, T.D. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience / T. D. Miyazaki, Y. Hotta, J. Kunii. // Dental materials Journal. — 2009. — Vol. 28. — № 1. — 544–566.

© Яременко Андрей Ильич, Алиева Севиндж Паша кызы (alievasp@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»