



**РЯХОВСКИЙ А.Н.**

д.м.н., проф., зав.отделом ортопедической стоматологии ЦНИИС

**МИХАСЬКОВ С.В.**

кл.ординатор отделения современных технологий протезирования ЦНИИС

Центральный научно-исследовательский институт стоматологии, г. Москва

# Варианты применения направляющих шаблонов на хирургическом этапе дентальной имплантации

Современная цифровая техника и ее поддержка программным обеспечением создают новые удивительные возможности в стоматологии.

Например, применение компьютерной томографии становится все более доступным. Практически каждый стоматологический томограф обладает необходимым программным обеспечением, позволяющим проводить 3D-планирование стоматологических вмешательств.

Дентальная имплантация получила заметное развитие в нашей стране. Возможности хирургической техники позволяют установить искусственные опоры даже при изначальном дефиците морфологического субстрата.

Проведение подобных вмешательств существенным образом облегчается при использовании так называемых направляющих шаблонов.

Технология их применения заключается в предварительном планировании параметров и локализации имплантатов, определении их количества и осевого расположения. Затем в лаборатории тем или иным способом проводится изготовление хирургического шаблона, который должен устойчиво фиксироваться на протезном ложе и иметь направляющие для хирургических фрез, с помощью которых и обеспечивается подготовка в кости посадочных мест для имплантатов [1].

Настоящая статья посвящена обзору различных способов планирования установки дентальных имплантатов и изготовления хирургических шаблонов.

Предварительное планирование дентальной имплантации проводится либо на гипсовых моделях, либо по результатам рентгенологического обследования.

## Биометрический метод планирования на гипсовых моделях

Путем получения оттиска производят перенос топографии протезного ложа на гипсовую модель. Методом зондирования фиксируют толщину слизистой оболочки в области последующей имплантации. Для этого используют стерильный зонд с маркером. Как правило, на каждом участке

используют 5 точек для зондирования: вестибулярная и оральная части основания альвеолярного отростка, на уровне 2/3 высоты альвеолярного отростка, и его вершина. Создают «тканевую карту», с помощью которой данные переносятся на гипсовую модель.

Производят распил модели и с каждой поверхности, с которой провели зондирование, отмечают точки. Затем их соединяют и получают топографию костной ткани в зоне имплантации.

## Компьютерные системы анализа данных рентгенографии

С помощью компьютерного анализа упрощается определение:

- Количества имплантатов
- Формы и размеров (длины и диаметра) имплантатов
- Возможные дефекты костной ткани вокруг имплантатов
- Необходимость проведения костной пластики

В настоящее время на рынке существует множество компьютерных систем, которые можно разделить на:

- системы, использующие данные рентгенограммы
- системы, использующие данные компьютерной томографии
- системы, использующие данные компьютерной томографии, с возможностью компьютерной навигации в режиме on-line
- системы, использующие данные компьютерной томографии с возможностью изготовления хирургического шаблона

## Системы, использующие данные рентгенограммы

На рынке известно несколько программных продуктов, своего рода специализированных графических редакторов двумерных изображений на основе ортопантограмм.

Они позволяют с определенной точностью определить:

- топографию имплантата,
- форму имплантата,
- размер имплантата (диаметр и длину),

■ необходимость синуслифтинга и его методики,

■ вид и форму будущей реставрации.

Из-за двухмерности анализируемой информации, а также поскольку при получении ортопантомограмм возможны до 10% вертикальные и до 20% горизонтальные искажения, подобные системы имеют серьезные ограничения для применения в сложных анатомических ситуациях.

### **Системы, использующие данные компьютерной томографии**

Компьютерная томография в 40-50 раз чувствительнее классической рентгенографии, т.к. она лучше видит разницу в плотности объекта, позволяет воссоздавать его трехмерную форму с точными размерными данными [2]. Подобные выдающиеся возможности позволяют планировать дентальную имплантацию в трехмерном пространстве, что практически гарантирует точный результат позиционирования имплантата в кости. Поэтому в последние годы на рынке появилось большое количество программных продуктов, которые на основании данных КТ позволяют виртуально установить трехмерные образцы имплантатов в макете челюстных костей с учетом высоты и ширины кости, расположения верхнечелюстного синуса и нижнечелюстного нерва [3].

### **Системы, использующие данные компьютерной томографии, с возможностью компьютерной навигации в режиме on-line.**

#### *I. С ультразвуковыми датчиками*

Видеохирургия (Image-guided surgery) в настоящее время применяется во многих областях медицины. Данная система сконструирована по принципу GPS-технологии (Глобальная система позиционирования).

Система позволяет не только проводить КТ-планирование дентальной имплантации, но и контролировать ее в реальном времени на экране монитора, где изображается проекция наконечника и работающего сверла во время препарирования ложа под имплантат относительно челюстной кости, что позволяет контролировать весь процесс подготовки костного ложа во время операции [7,8].

Принцип работы системы заключается в технических особенностях используемого оборудования:

1. Система – излучатель-наконечник.

Около кресла пациента находится установка, которая состоит из монитора и платформы LapDoc, где находится инфракрасная стереокамера с оптическими диодными датчиками. Рукоятка наконечника оснащена тремя инфракрасными излучателями. Координаты положения наконечника вычисляются относительно челюстной кости.

2. Система – альвеолярный отросток-излучатель.

Во время операции система определяет положение челюстной кости в пространстве, используя акриловый шаблон,

фиксирующийся на зубах или альвеолярном отростке. На шаблоне устанавливается U-образный регистрат с 10-12 керамическими (титановыми) сферами диаметром 3 мм.

Оптическая система обеспечивает точность, приближенную к 1 мм.

Ограничением в этой системе является условие свободного прохождения инфракрасного луча без преломления от излучателя к датчикам. Система оповещает о случае преломления луча в виде сигнала [10].

#### *II. С ультразвуковыми датчиками*

Одна из последних разработок в on-line навигации Pilot implant (Франция) разработана Institut Europeen de Robotique Implantaire, отличается от двух вышеприведенных систем использованием не инфракрасных, а ультразвуковых датчиков. Позиционирование наконечника осуществляется с точностью 0.3 мм, в отличие от традиционных инфракрасных систем, дающих хорошую статическую калибровку в 0.1 мм, но худшую динамическую 0.6-1 мм. Тогда как данная система обеспечивает статическую точность в 0.05 мм и динамическую в 0.3 мм.

Больше нет необходимости выводить маркеры с помощью специального крепления из полости рта пациента.

Хирургические шаблоны, как уже было сказано, служат для облегчения проведения операции имплантации и служат своего рода направляющими и ограничителями глубины внедрения фрезы в кость.

Методы изготовления хирургических шаблонов можно разделить на две основные группы:

1. Ручного изготовления.

2. Изготовления с помощью компьютерных систем.

### **Хирургические шаблоны ручного изготовления**

В дентальной имплантологии применяют несколько вариантов ручного изготовления хирургических шаблонов.

1. Наиболее простой заключается в изготовлении в зуботехнической лаборатории аналога съемного протеза, частично перекрывающего своим базисом оставшиеся на челюсти зубы, для его эффективного удержания во время операции. Искусственные зубы в таком протезе дают указание о локализации последующего размещения имплантатов. Через эти зубы зубной техник формирует цилиндрические отверстия, в которые устанавливаются титановые втулки. Через эти втулки в последующем проводится сверление кости.

Такой способ скорее обеспечивает удобства для последующего протезирования, исключая, например выведение фиксирующего винта на вестибулярную поверхность, обеспечивая правильное осевое расположение имплантатов, но не является для хирурга полной гарантией оптимальной позиции имплантата по отношению к объему оставшейся кости.

2. Модификация вышеописанного способа, позволяющая одновременно планировать расположение имплантатов с использованием данных КТ, заключается в том, что на искусственные зубы шаблона перед проведением КТ наносится рентгеноконтрастное вещество либо сами искусственные зубы изготавливаются с добавлением таких веществ. В этом случае КТ проводится с таким рентгенографическим шаблоном в полости рта пациента и врач для планирования расположения имплантатов получает не только 3D-изображение анатомических структур челюсти, но и пространственное расположение будущих искусственных зубов.

3. Технология Ez Stent (Applied Dental Inc.) при включенных дефектах зубных рядов упрощает изготовление хирургического шаблона путем использования термопластической пластиковой заготовки с титановой втулкой в центре.

Шаблон при помещении в резиновую чашку с водой, нагретой до 60° С в течение 1 минуты становится прозрачным и пластичным. В таком состоянии его помещают на модель в зоне имплантации и обжимают два ряда стоящих зуба в области дефекта. Исчезновение прозрачности шаблона характеризует восстановление его прочности и готовность к использованию.

4. Для изготовления шаблона методом термоформирования вначале на гипсовой модели отмечают участки для проведения последующей имплантации и в этих местах моделируют зубы из воска или приклеивают их из набора.

Затем, используя вакуумформер, например Plastvac, Erkoform и др., в специальном температурном режиме в условиях вакуума производят прессование пластины термопластического материала толщиной 3 мм по поверхности гипсовой модели. После охлаждения производят механическую обработку шаблона. Струей воды удаляют восковые зубы, в местах будущих имплантатов создают перфорации в шаблоне. Затем срезают всю вестибулярную часть шаблона в области последующей имплантации, чуть не доходя до середины альвеолярного гребня.

### **Системы планирования дентальной имплантации, использующие данные компьютерной томографии с возможностью изготовления хирургического шаблона (CAD/CAM технология)**

Появление компьютерных систем управления создало предпосылки для внедрения в стоматологическую практику комплексов CAD/CAM, позволяющих в большинстве случаев обойтись без участия человека на этапах изготовления ортопедических аппаратов.

В стоматологии данная технология получила широкое распространение в изготовлении несъемных ортопедических конструкций, но в настоящее время она начинает применяться при изготовлении

хирургических шаблонов в дентальной имплантологии.

На настоящий момент в дентальной имплантологии применяется два вида САМ-систем:

1. Прототипирование

2. Последовательное термопластическое САМ-деформирование

### **I. Прототипирование (Prototyping)**

По сравнению с другими методами (изготовление моделей из пенопласта, дерева, воска вручную или на станках с ЧПУ), существовавшими до середины 80-х годов, появление систем быстрого изготовления прототипов было переворотом в технологии.

Прототипирование – это новая технология, активно развивающаяся в проектной и производственной индустрии. Она предоставляет возможность получать физические детали и модели без инструментального их изготовления, путем преобразования данных, поступающих из САД-системы, предварительно получив чертежи и проекты в 3D-представлении. При завершении работы на САД-рабочей станции над идеей или проектом можно дать команду «печатать» и в течение нескольких часов или дней, в зависимости от размера, получить физическую модель изделия с помощью лазерного принтера.

Стереолитографическая система прототипирования основана на фотополимеризации – химическом процессе, при котором жидкая смола (полимер) превращается в твердый полимер под воздействием на нее ультрафиолетового излучения или излучения видимой части спектра.

Принцип работы заключается в том, что ультрафиолетовый лазер последовательно «вычерчивает» сечения объекта на поверхности емкости со светочувствительной смолой. Жидкий пластик отвердевает только там, где его касается лазерный луч.

Новый слой жидкого пластика распространяется по отвердевшей поверхности, и контур следующего слоя вычерчивается лазером. Процесс повторяется автоматически до полного построения детали [4,5].

Готовые модели выдерживают нагрев до 100°C без изменений формы и размеров. Шероховатость поверхности без какой-либо обработки не превышает 100 мкм. Отвержденный фотополимер легко полируется. Прочность готовых деталей сравнима с прочностью изделий из отвержденных эпоксидных смол.

Существует три вида хирургических шаблонов для проведения дентальной имплантации:

1. Шаблон с опорой на костную ткань – по трехмерной модели компьютерного томографа моделируется электронная форма хирургического шаблона, которая изготавливается на стереолитографическом приборе.

2. Шаблон с опорой на рядом стоящие зубы в области дефекта (необходимое

условие – два рядом стоящих зуба с каждой стороны от дефекта).

3. Шаблон с опорой на слизистую оболочку.

### **VIP (Implant Logic SYSTEMS), США**

Область применения шаблона: зубы\слизистая.

Необходимо получить оттиски с протезом (временной реставрацией) и без протеза. Также определяется положение центральной окклюзии (соотношение челюстей).

Далее врач связывается с компанией Implant Logic Systems или самостоятельно получает форму для запроса с веб-сайта компании в Интернете. Заполнив, отправляет ее вместе с моделями в компанию для изготовления радиографических шаблонов.

После изготовления хирургических шаблонов проводится компьютерная томографическая диагностика, информация записывается в формат DICOM 3.

Используя программное обеспечение, «VIP»-врачом осуществляется планирование дентальной имплантации. Затем информация о планировании высылается в лабораторию компании, где изготавливается хирургический шаблон.

На выбор врача компания предоставляет три вида хирургических шаблонов:

1. Compu-Guide™ BASIC Template – шаблон обеспечивает направленное движение фрезы во время сверления. В нем находятся 2 мм втулки с точным расположением, углом и вертикальным уровнем, что обеспечивает корректное выполнение хирургического протокола.

2. Compu-Guide™ ADVANCED Template – используется набор взаимозаменяемых втулок, поэтапно заменяемых в зависимости от уровня сверления, что обеспечивает полный контроль остеотомии при помощи хирургического шаблона.

Кроме того, может быть изготовлен съемный протез (Compu-Temp™), в котором расположены хирургические втулки, обеспечивающие фиксацию временной конструкции после проведения имплантации.

### **SimPlant View/SimPlant Planner (Materialise), США**

Область применения шаблона: зубы\кость\слизистая.

Перед проведением КТ-исследования изготавливаются рентгенографические шаблоны.

Его изготовление проводится следующими этапами:

1. Получение оттисков.

2. Установка моделей в артикулятор, изготовление восковых шаблонов, постановка зубов.

3. Гипсовая модель в кювету, подготовка рентгенографической смеси, паковка и полимеризация.

4. Коррекция шаблона.

Материалы для искусственных зубов и базиса шаблона.

Для шаблона с опорой на кость:

Зубы – порошок пластмассы (85%)\BaSO<sub>4</sub> (15%),

Базис – порошок пластмассы (100%).

Для шаблона с опорой на слизистую:

*Вариант 1:*

Зубы+базис – порошок пластмассы (90%)\BaSO<sub>4</sub> (10%).

*Вариант 2:*

Зубы – порошок пластмассы (80%)\BaSO<sub>4</sub> (20%),

Базис – порошок пластмассы (90%)\BaSO<sub>4</sub> (10%).

Недостаток порошка BaSO<sub>4</sub> приведет к нечетким границам зубов и слизистой на исследовании КТ.

Излишек сульфата бария создаст артефакты (помехи) при КТ-исследовании. Дозировка и смешивание смеси должны быть выполнены очень тщательно.

При проведении обследования с шаблоном на КТ четко отображается желаемое месторасположение зубов. Это повышает возможность хирурга спланировать размещение имплантатов, основываясь и на клинических, и на эстетических требованиях. Должным образом изготовленный шаблон для сканирования необходим, чтобы получить высококачественное КТ-исследование.

### **CAD Implant (CAD Implant inc) США**

Данная компания начала применять эту технологию с 1994 года. Область применения шаблона: слизистая.

Сначала выполняется компьютерная томография с рентгенографическими шаблонами. Для этих целей используется регистрационный куб (CAD Implant Registration Cube).

С помощью специального компьютерного программного обеспечения врач моделирует хирургический шаблон, электронную версию которого высылает компании CAD Implant Inc, где идет его изготовление путем стереолитографии и компьютерного фрезерования.

### **ImplantMaster (iDent), США, Израиль**

В информационных материалах компании сказано, что iDent Imaging – технология динамического изображения, которая позволяет упростить и качественно улучшить точность планирования и постановки зубных имплантатов. Однако нет упоминания о том, каким способом этот эффект достигается.

Выполняется компьютерная томограмма с рентгенографическим шаблоном. Врач проводит анализ анатомической области и планирование последующей имплантации.

Данные планирования, полученные от ImplantMaster, передаются в iDent-сервисный центр, где производится, используя цифровые технологии, хирургический шаблон. Затем он высылается обратно стоматологу для применения при дентальной имплантации.

### **Teeth in hour (Nobel Biocare), США**

Область применения шаблона: слизистая.



Эта система позволяет проводить планирование и выполнение хирургического протокола с превосходной точностью и легкостью.

Лечение начинается с изготовления рентгенографического шаблона:

- Вначале получают оттиски с обеих челюстей и регистрат окклюзии.

- Радиографический шаблон используется для симуляции зубов, мягких тканей и беззубого пространства во время выполнения КТ.

- При полной адентии можно использовать существующие протезы или новые.

- При частичной адентии в лаборатории изготавливают новые акриловые протезы.

Установка маркеров:

- в радиографическом шаблоне создаются шесть небольших отверстий ( $d=1,5\text{mm}$ ), глубина отверстий не должна превышать 1 мм;

- расположение маркеров осуществляется с оральной поверхности шаблона в проекции апекса корней зубов (клыков, премоляров и моляров);

- полости заполняются гуттаперчей.

При полной адентии используется существующий протез или изготавливается радиографический шаблон [6].

Для планирования используется Procera Software Planning – программное обеспечение на базе трехмерного анализа дентальной имплантации. Программное обеспечение используется для определения оптимальной топографии имплантатов с учетом анатомических условий, протетических и эстетические требований.

При полной адентии три горизонтальных фиксирующих штифта ( $d=1,5\text{mm}$ ) обеспечивают надежную стабилизацию хирургического шаблона во время операции.

При частичной адентии используют меньшее количество штифтов.

При единичном отсутствии зубов ретенция осуществляется за счет рядом стоящих зубов.

Требования к хирургическому шаблону:

Его толщина должна составлять не менее 2,5–3,0 мм. Возможно усиление его прочности за счет армирования.

#### Med3D Implantology, Германия

Наряду с традиционным планированием дентальной имплантации с помощью КТ разработчики используют специальные пластиковые кубические маркеры, напоминающие детали конструктора Lego. Это позволяет коррелировать клиническую ситуацию с ее виртуальной проекцией.

Регистрационные маркеры имеют определенный размер, который сопоставляется с размером этого же объекта после компьютерной томографии. Точность изготовленного затем с помощью implant3D шаблона зависит в решающей мере от того, насколько точно виртуаль-

ные объекты и данные КТ приведены в соответствие.

Точность при позиционировании штекерного элемента непосредственно влияет на точность позиции бор-втулок в готовом шаблоне. Неправильная регистрация обычно видна по тому, что все втулки и маркировки ошибочно сдвинуты в одном направлении на одинаковый угол.

Процессы планирования дентальной имплантации и изготовления хирургического шаблона заключаются в нескольких этапах:

1. Изготовление рентгенографического шаблона с регистрационным маркером

2. Проведение компьютерной томографии

3. Проведение корреляционной зависимости между данными КТ и параметрами маркера, создание виртуальной окклюзионной проекции

4. Планирование расположения дентальных имплантатов

5. Изготовление хирургического шаблона путем фрезерования рентгенографического шаблона с помощью устройства X1med3D

6. Установка титановых втулок

#### II. Последовательное термопластическое САМ– деформирование

Применяется в настоящее время только одной компанией TactileTech в системе ILS – Implant Location System.

Данная система отличается от других рядом особенностей. Кроме данных компьютерной томографии, с ее помощью можно определить степень механической упругости костной ткани альвеолярного отростка в области имплантации. Для этого используется специальный каркас, фиксирующийся на альвеолярном отростке.

На него устанавливают матрицу с микроглами, которые проникают через ткань десен до контакта с костью. Модуль упругости определяется вестибулярной и оральной поверхностью.

Затем информация поступает в аналитический блок, где планируются дентальная имплантация, используя данные модуля упругости и компьютерной томографии.

Затем информация поступает на САМ-аппарат. В специальное ложе цилиндра устанавливается пластиковая полая трубка, другая ее часть фиксируется на стержне, проводящем последовательную деформацию под действием температурного режима.

После термического последовательного деформирования трубки устанавливаются в блок, который монтируется в систему каркаса.

Стоматология всегда была тесно связана с другими областями науки и промышленности, привлекая в свою область большое количество инноваций и современных разработок. В данной статье нами были собраны материалы, показывающие, насколько меняется лечебный процесс в результате интеграции компьютерных технологий диагностики (КТ) и средств производства (CAD/CAM). Как следствие этого, нам становятся доступны более эффективные и менее травматичные системы планирования дентальной имплантации, основанные на точных компьютерных данных и расчетах, сводящих технологические и человеческие факторы неудач к минимуму.

## Литература

1. Кулаков А.А. Клиническая имплантология: теория и практика. Изд-во «Эслан». Москва, 2006.

2. Архаров С.Л. Исследование эффективности компьютерной томографии и других методов рентгенологического исследования при планировании операций дентальной имплантации. Автореф. дисс. канд. мед. наук, Кемерово, 1999.

3. M. Among, Paul R. Romano. CT-based dental imaging for implant planning and surgical guidance. NYSJ/ January 2007, pp 51-53.

4. Haex, Poukens. Preoperative planning with the use of stereolithographic model. Phidias №3 December 1999.

5. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. Int J Oral Maxillofac Implants. 2003 Jul-Aug;18(4):571-7.

6. Kunal Lal, S.White, N.Morea, F.Wright. Use of stereolithographic templates for surgical and prosthodontic implant planning and placement. Journal of Prosthodontics, vol. 15, №1 2006, pp 51-58.

7. A.Wexler. Computer navigational surgery enhances safety in dental implantology. Annals Academy of Medicine, vol. 34 No. 5, June 2005. p. 383-388.

8. J.Brief, S.Hassfeld, U.Sonnenfeld, N.Persky, R.Krepien, M.Treiber. Computer-guided insertion of dental implants. International Congress Series 1230 (2001) 739-747.

9. N.Casap, A.Wexler, J.Lustmann. Image-guided navigation system for placing dental implants. Compendium, Vol.25, №10, October 2004, pp 783-789.

**В статье использованы рекламные материалы компаний: Applied Dental Inc., XCPT, Soredex, CO-ME, MediaLab-medical software, NewTom, Fa.Kallinger-medical software, CyberMed, Advanced Digital Imaging, DenX, Straumann, Institut Europeen de Robotique Implantaire, BMi, Materialise, iDent, Implant logic systems, Nobel Biocare, CAD Implant inc, TactileTech.**

#### Usages of positioning templates during surgical step of implantation rehabilitation.

Ryachovskiy A.N. – DMS, Prof., head of department of modern prosthodontics, CSRID, Moscow; Michasov S.V. – post-graduate student of department of modern prosthodontics, CSRID, Moscow

There are few approaches for planning and positioning dental implants. One of these methods – is surgical positioning template that can be manufactured with different techniques. A template can ease the process of implant insertion and positioning, since one can regulate the angle and depth of insertion. Authors describe two methods for making surgical template: the manual technique and computer assisted manufacturing. The treatment process can be greatly improved by integration of CAD\CAM technologies and computer assisted diagnostics.