

© Л.П. Юдин, П.С.Юдин, 2012

# АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ КОМПЬЮТЕРОМ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Л.П. Юдин, П.С. Юдин

ООО «3Д Диагностика» (127055, г. Москва, ул. Новослободская, д. 71, офис 13)

Не все программы управляемой компьютером дентальной имплантации используются стоматологами из-за излишней их сложности, недоработанности, неудобства практического применения. Представляемая ООО «3Д Диагностика» (Москва) на российском стоматологическом рынке программа планирования дентальной имплантации SimPlant, разработанная компанией «Materialise Dental» (Бельгия) около 20 лет назад, занимает большую часть быстро растущего мирового рынка в указанной области. Развитие дентальной имплантологии за последние 15–20 лет и удовлетворенность пациентов связана с относительно коротким историческим периодом, не проблемным, опытом врачей и положительной оценкой современного, стоматологического лечения. Благодаря опыту и значительным успехам хирургов-имплантологов и лояльному отношению пациентов существует благополучный период, но он заканчивается и наступает время качественно другого подхода к дентальной имплантации, имплантации выполняемой с помощью компьютера.

*Ключевые слова:* планирование дентальной имплантации, перспективы

Not all programs computer-controlled dental implant dentists are used because of excessive their complexity, underdeveloped, the inconvenience of practical application. Provided to LLC» 3D - Diagnostics» (Moscow) in the Russian dental market planning program of dental implantation SimPlant, developed by the company Materialise Dental, Leven, Belgium about twenty years ago, occupies the most part of the rapidly growing global market in this area. The development of dental implantology in the last 15 - 20 years and patient satisfaction is due to the relatively short historical period, not problematic, mainly, the experience of the doctors and a positive evaluation of a modern, corresponding to the spirit of time, the dental treatment. Thanks to the experience and the success of surgeons - implantologists and loyal relation of patients there is a favorable period, but it ends and the time of the qualitatively different approach to the dental implant, the implant performed with the help of the computer.

*Keywords:* : *planning of dental implantation, prospects*

### 1. ПРЕИМУЩЕСТВА ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ, УПРАВЛЯЕМОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММОЙ SIMPLANT

Очевидно, что установка имплантатов, управляемая компьютером, более точна [3,5], нежели ручная установка и достаточное количество исследований, проведенных в мире, это показывают: среднее отклонение при ручной

установке имплантатов достаточно велико – 3,71 мм по данным G. Eggers, E.Patellis с соавт. [8]. Этой величины отклонения достаточно для того, чтобы стать причиной повреждения любого важного анатомического образования, такого как нижний альвеолярный нерв или верхнечелюстной синус [8, 13, 15, 16]. M.L. Perel в 2003 г. сравнивал существующую технику установки дентальных имплан-

Юдин Павел Семенович – доктор мед. наук, профессор, тел. 8 (495) 363-36-03, e-mail: PavelYoudin@yandex.ru

татов с метанием дротиков [12]. Ситуация с тех пор не изменилась, но компьютеризированный подход сможет значительно улучшить точность установки имплантатов в высоких пределах, до долей миллиметра. Тем более возможная установка имплантатов через 4-5-миллиметровое отверстие без обнажения кости (flap-less) уменьшает риск возникновения послеоперационного отека, боли, инфекции, других осложнений и создает больший комфорт для пациентов. Эффективность планирования имплантации и более простое лечение достигается за счет специальных инструментов для сверления и установки имплантатов в точно запланированное положение, кроме того, имплантаты могут быть немедленно установлены вместо только что удаленных зубов с большей долей уверенности в успехе [2, 5, 6, 14]. Точность изготовления временного несъемного протеза, предложенная компанией «Materialise Dental» в последнее время несомненно найдет широкое применение в практике врачей-стоматологов. Immediate Bridge - уникальная процедура, посредством которой протез изготов-

ливается на основании компьютерных данных до установки имплантата без традиционного оттиска. Имплантаты и протез устанавливаются во время одного единственного приема у врача без боли и, во многих случаях, без поднятия лоскута [6, 10, 14]. Наконец, можно предвидеть и точно рассчитать стоимость лечения на основании протетически направленного плана лечения. Программа SimPlant - логически обусловленный и понятный метод переноса данных виртуального предоперационного планирования в полость рта пациента, что гарантирует предсказуемый хирургический и как следствие протетический результат лечения [4, 6, 7, 14, 16].

## 2. ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ КОНСУЛЬТАЦИЯ И СБОР ДАННЫХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ

Все процессы: компьютерная томография (КТ), планирование дентальной имплантации и изготовление хирургических шаблонов (Surgery Guide) компанией «ЗД Диагностика» (Москва) проводятся в России, в специально

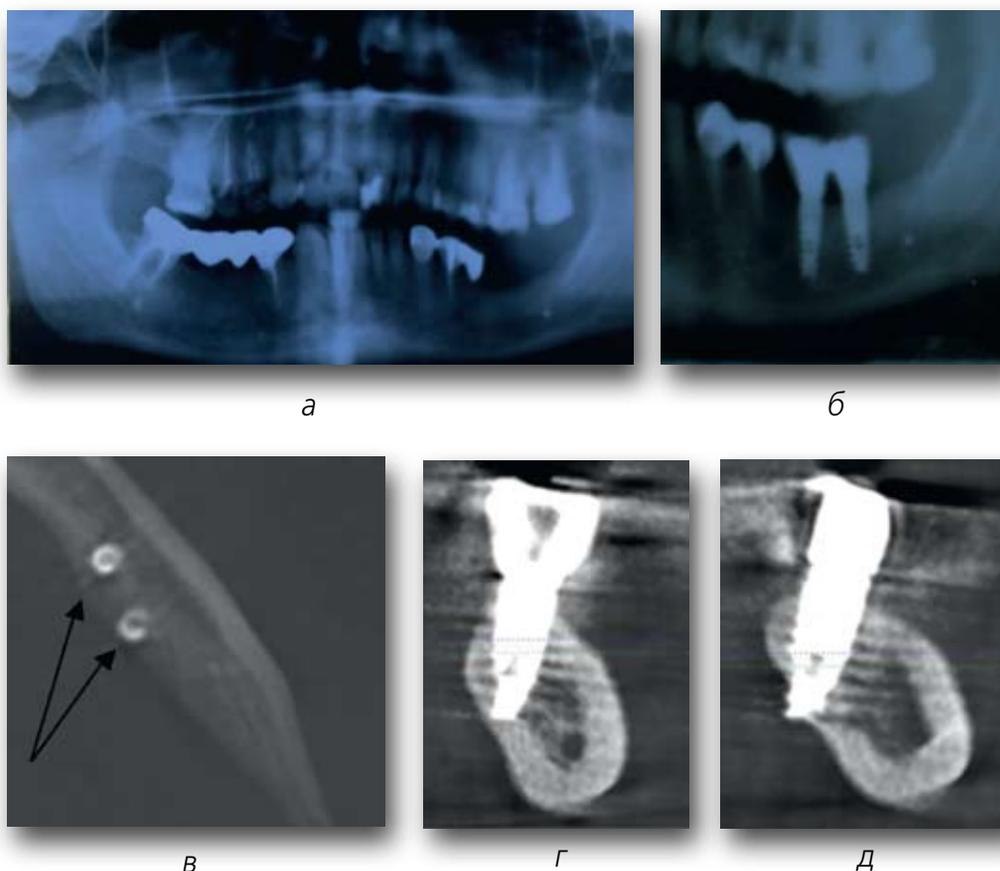


Рис. 1.

**Аналоговая ОПГ использована для планирования установки имплантатов в позиции зубов 36, 37 (а), контрольная рентгенограмма (представлен фрагмент ОПГ сверху справа) не вызвала сомнений у врача, и пациент был заверен в благополучном исходе имплантологического лечения (б). Однако компьютерная томография: аксиальный (в) и поперечные срезы (г, д) демонстрируют установку имплантатов «свободной рукой» после планирования на ОПГ не в оптимальной позиции, несмотря на идеальную анатомию зоны имплантации и хорошее качество костной ткани.**



Рис. 2.  
Начало работы с программой SimPlant.

4 окна: первоначальные аксиальные виды (справа сверху) преобразуются в поперечные (слева сверху), панорамные планы (слева внизу) и создается 3D-реконструкция выбранного объекта (справа внизу).

созданных центрах. Процесс начинается с исследования на конусно-лучевом компьютерном томографе (КЛКТ) для получения точной информации об анатомии пациента. Для достижения оптимальных результатов имплантологического лечения необходимо основываться на предоперационном планировании «от конечного результата» или, говоря иначе, на протетическом плане. Избежать недостатков все еще используемых в имплантологии двухмерных исследований можно с помощью трехмерного исследования, дентальной объемной томографии (ДОТ), которая вместе с CAD – CAM-технологиями и программами компьютерного планирования стала основой управляемой дентальной имплантации [1,4]. Панорамная рентгенография (ОПГ) и базирующееся на ее данных планирование имплантологического лечения приводят к серьезным ошибкам во время установки имплантатов, которые порой остаются нераспознанными и обнаруживаются лишь после тщательного изучения данных трехмерного исследования (рис.1).

Особым преимуществом ДОТ является возможность переформатирования с помощью специализированной программы планирования Simplant, однажды полученного набора объемных данных в панорамный вид, аксиальный или кросс-секции. Интерактивное программное обеспечение компьютерной томограммы позволяет клиницисту формулировать вопросы до операции и восстанавливать данные, необходимые для определения и решения клинических задач в дентальной имплантации (рис.2).

Не обязательно овладевать всеми особенностями программного обеспечения, чтобы понять выгоду использования КТ и планирования имплантологического лечения. Пользователи могут и должны быть мотивированы к использованию программного обеспечения соответственно их желанию принимать продуманные, протетически обоснованные решения перед операцией, а не во время нее

### 3. ПЛАНИРОВАНИЕ ИМПЛАНТОЛОГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ И ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПЛАНА ПАЦИЕНТУ.

Ни в какой другой области планирование не имеет такого важного значения как в дентальной имплантации, управляемой компьютером. Первым шагом в процессе планирования является качественный сбор данных. Полный медицинский и стоматологический анамнез, оценка качества гипсовых моделей, фотографий и КТ имеет важное значение (рис.3)

После того как данные получены и проанализированы, проведены необходимые консультации с коллегами, планирующему врачу необходимо обсудить предварительные результаты с пациентом. Желания и ожидания пациента должны быть рассмотрены в деталях, врачу необходимо стремиться совместить решение проблем пациента с реальностью, т.е. с собственными возможностями. Для активного включения в процесс обсуждения используется персональный компьютер, тогда пациент может лучше понять смысл и перспективы предлагаемого лечения (рис.4). Некоторым пациентам, опытным пользователям программного обеспечения, можно продемонстрировать детали и нюансы лечения в интерактивном виде.

В процессе обсуждения предстоящего имплантологического лечения врач осознает сам и объясняет пациенту важность имплантологической реабилитации как единого процесса и усилий различных специалистов стоматологического профиля. Междисциплинарное сотрудничество в современной имплантологии невозможно осуществить без использования новых технологий в диагностике – КТ; виртуальном планировании – программы SimPlant и проведении хирургического и протетического этапов лечения с применением хирургических шаблонов.

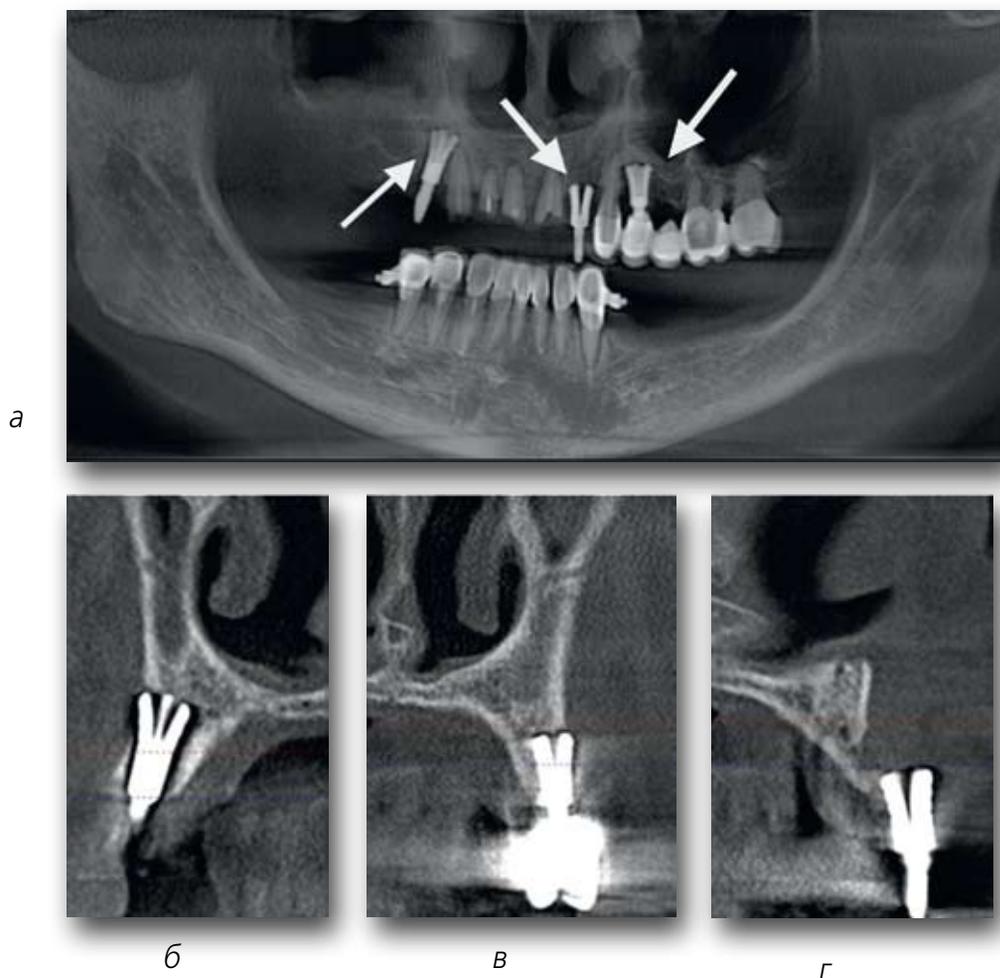


Рис. 3.

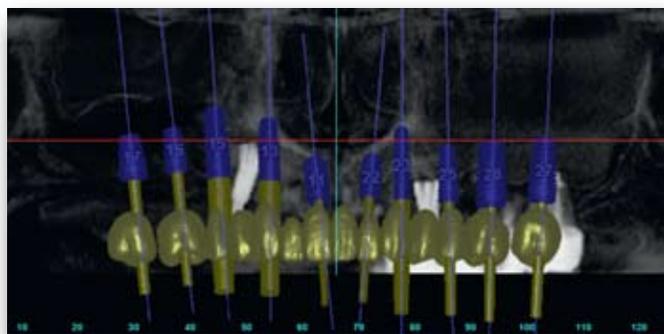
**Панорамный вид (а) кросс-секции (б,в,г) КТ-исследования пациентки К. с несостоятельными несертифицированными имплантатами в области зубов 14, 22 и 24 и проблемами с оставшимися зубами верхней челюсти.**

#### 4. ПРОСМОТР, ПОЛУЧЕНИЕ, ИМПОРТИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

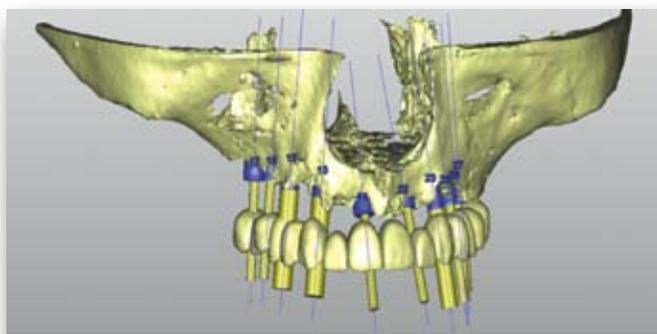
Пациент направляется на исследование КТ после выбора врачом вида хирургического шаблона (назубного, надесневого или на костного), а также способа самого исследования: с использованием радиологического (рентгенологического) шаблона или без него. Способ сканирования определяется клинической ситуацией и зависит от протяженности дефекта зубных рядов. Для небольших дефектов (менее 3 отсутствующих зубов подряд) рентгенологический шаблон не обязателен; в этом случае используются так называемые «виртуальные зубы» и необходима недавняя гипсовая модель высокого качества (рис. 5).

Качество КТ имеет важное значение, и радиологи должны обратить особое внимание на правильную ориентацию пациента относительно горизонтали и вертикали, присутствие помех для проведения процедуры: наличие металла, пломб из амальгамы. КТ должна проводиться с разобщением

прикуса, чтобы избежать наложения зубов противоположной челюсти. Пациент должен быть иммобилизован во время процедуры просмотра. Когда используется радиологический шаблон, его идеальная адаптация к тканям полости рта должна быть проверена. После завершения КТ-исследования результаты (Dicom файлы) посылаются в «центр обработки данных». Там специалисты сегментируют изображения, удаляя рассеянные и бесполезные (например, позвоночник, антагонизирующие зубы) и приступают к виртуальному планированию имплантации отдельно на ВЧ и НЧ. Различные анатомические структуры, такие как отдельные зубы, протезы и сама челюсть могут быть выделены цветом в различных масках. Каждая из этих масок может быть отдельно визуализирована и интерпретирована (рис. 6). Цель программного обеспечения SimPlant состоит в облегчении непосредственной связи между анатомической интерпретацией (КТ), планированием лечения, и точным проведением хирургической операции. Различные плотности тканей (по



а

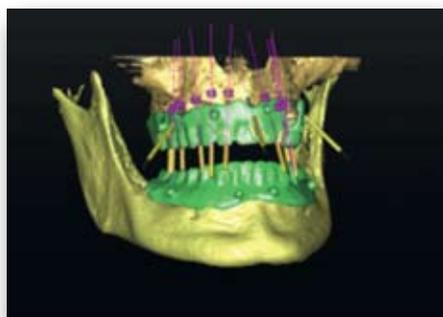


б

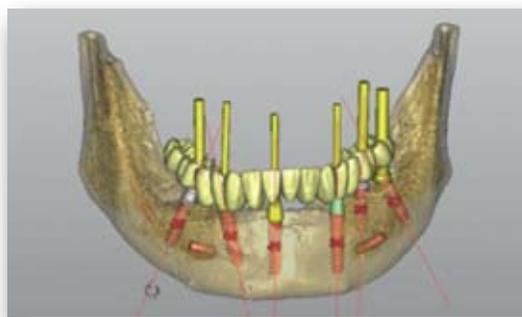
Рис. 4.

**Пациентке К. предложен план лечения, включающий удаление несостоятельных имплантатов, оставшихся зубов верхней челюсти и непосредственную имплантацию.**

Детальные пояснения врача пациентка получила при презентации плана на компьютере.



а



б

Рис. 5.

**Радиологические шаблоны верхней и нижней челюстей с маркерами после проведения КТ и импорта изображения в программу планирования Simplant (а). Транспарентная модель нижней челюсти с «виртуальными зубами» и установленными имплантатами (б). Важно обратить внимание на трассированные нижние альвеолярные нервы, наклон имплантатов и параллельность их внеальвеолярных частей.**

шкале Хаунсфилда) позволяют провести сегментацию, изоляцию и определить расположение важных анатомических структур (Рис.7).

### 5. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СОХРАНИВШИХСЯ ЗУБОВ И КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛЮСТЕЙ.

Все хирургические и протетические предпосылки для точной установки дентальных имплантатов посредством использования хирургических шаблонов основаны на интерпретации изображений КТ для каждой конкретной ситуации. Цель программного обеспечения SimPlant состоит в создании связи последовательных действий между анатомической интерпретацией, планированием лечения и точным проведением хирургической операции. После открытия исследования КТ пользователь должен выполнить следующие шаги, необходимые для интерпретации:

– удостовериться, что аксиальные изображения параллельны окклюзионному плану, панорамная линия нарисована должным образом, обычно в самой широкой части челюсти (Рис. 8). Панорамная линия может быть изменена пользователем.

– оценить анатомию области в отношении жизненно важных структур и патологических состояний. Анатомия области может влиять на расположение имплантата. Оценка пневматизации пазухи и остеомиелитического комплекса, остаточной кости альвеолярного гребня, вогнутостей кости, аксиальной позиции оставшихся зубов, периапикальной патологии необходима для точной и безопасной установки имплантатов (Рис.9).

– выбор дентальных имплантатов, которые будут установлены в наилучшую с протетической точки зрения позицию, определенную на КТ. Выбор имплантата может быть универсальным или predetermined изготови-

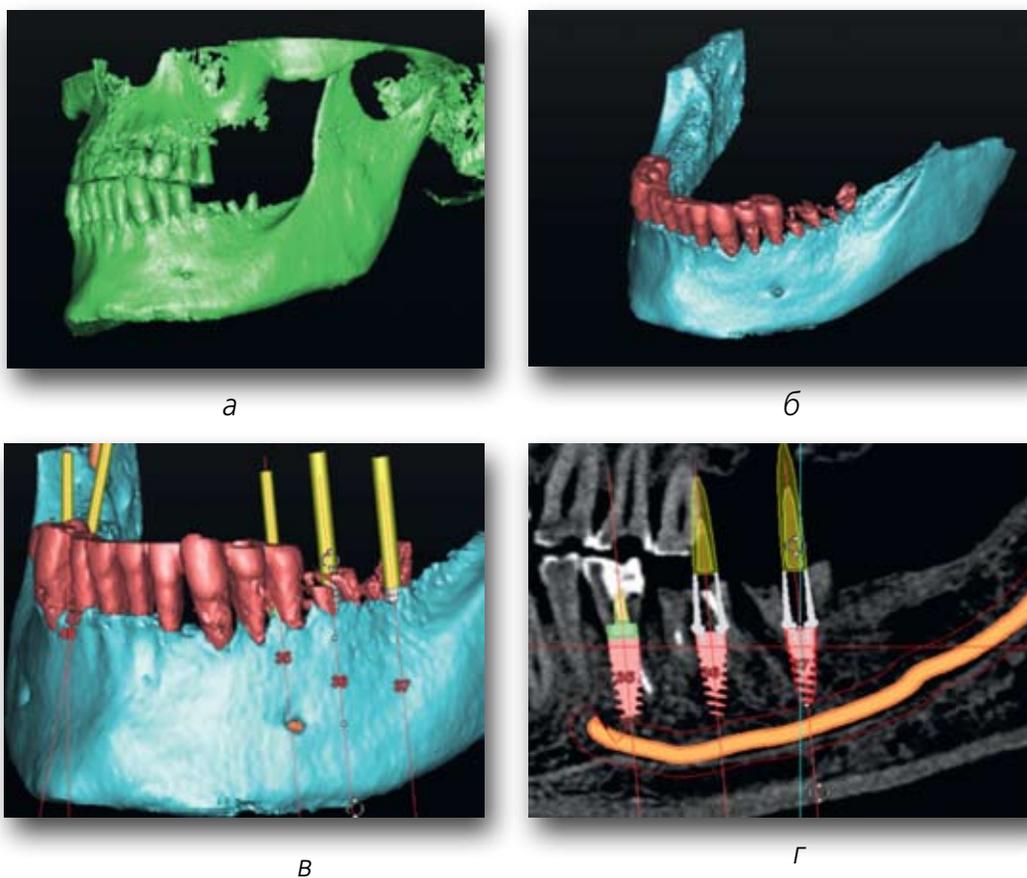


Рис. 6.

*3D-модель ВЧ и НЧ до сегментации и удаления ненужных деталей и помех (а), та же модель после проведения сегментации: убрана ВЧ, сохранившиеся зубы показаны в виде «масок», что позволяет выделять и осматривать смежные структуры отдельно и вместе (б), на место зубов, планируемых к удалению, установлены реалистичные имплантаты (в, г).*

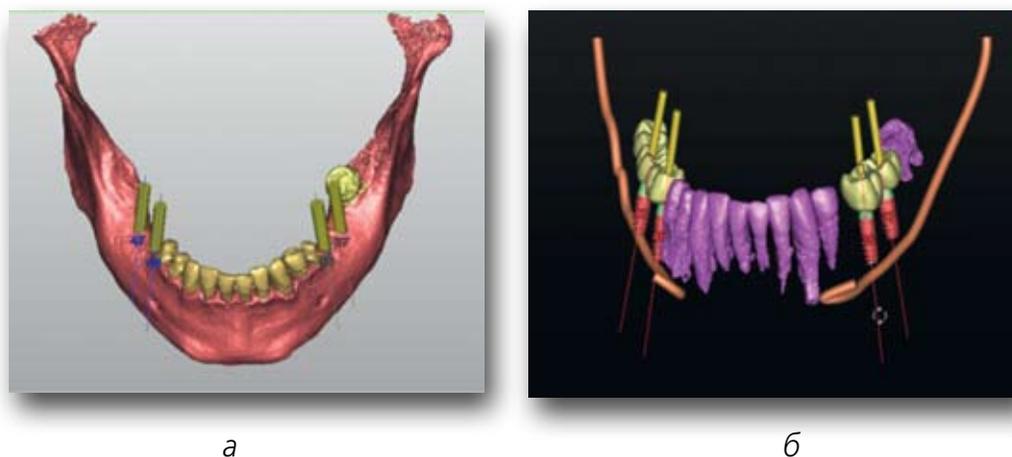


Рис. 7.

*3D-виды НЧ, показывающие установку реалистичных имплантатов в предполагаемое оптимальное окончательное положение, достижение «конечного результата». Количество имеющейся кости достаточно для установки имплантатов.*

*а – маски кости НЧ и оставшихся зубов с установленными имплантатами, б – выделены зубы с корнями, замещаемые боковые «виртуальные зубы»; для выделения предполагаемой позиции имплантатов относительно нервов использовано «прорисовывание».*

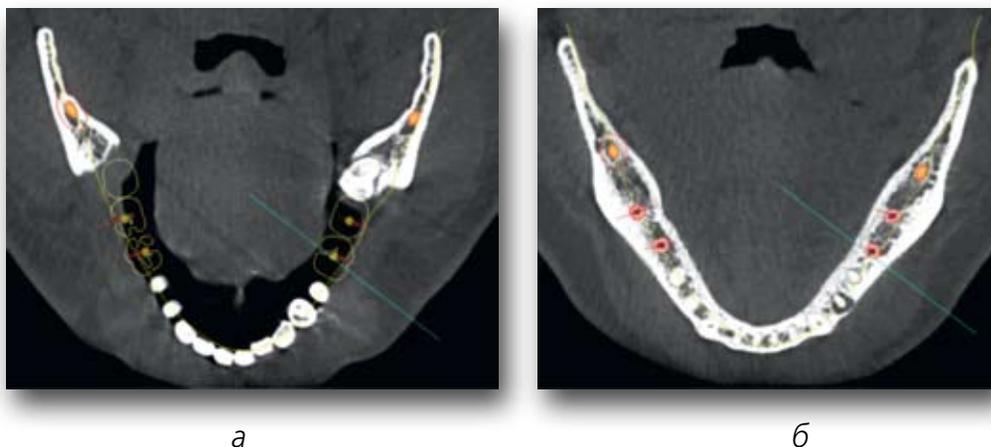


Рис. 8.

### Аксиальный вид НЧ.

*а* – видны силуэты «виртуальных зубов» и символы имплантатов, установленных по центру, *б* – реалистичные имплантаты (красные круги) расположены по середине альвеолярного отростка, обеспечивая лучший обзор области имплантации и оставшихся зубов.

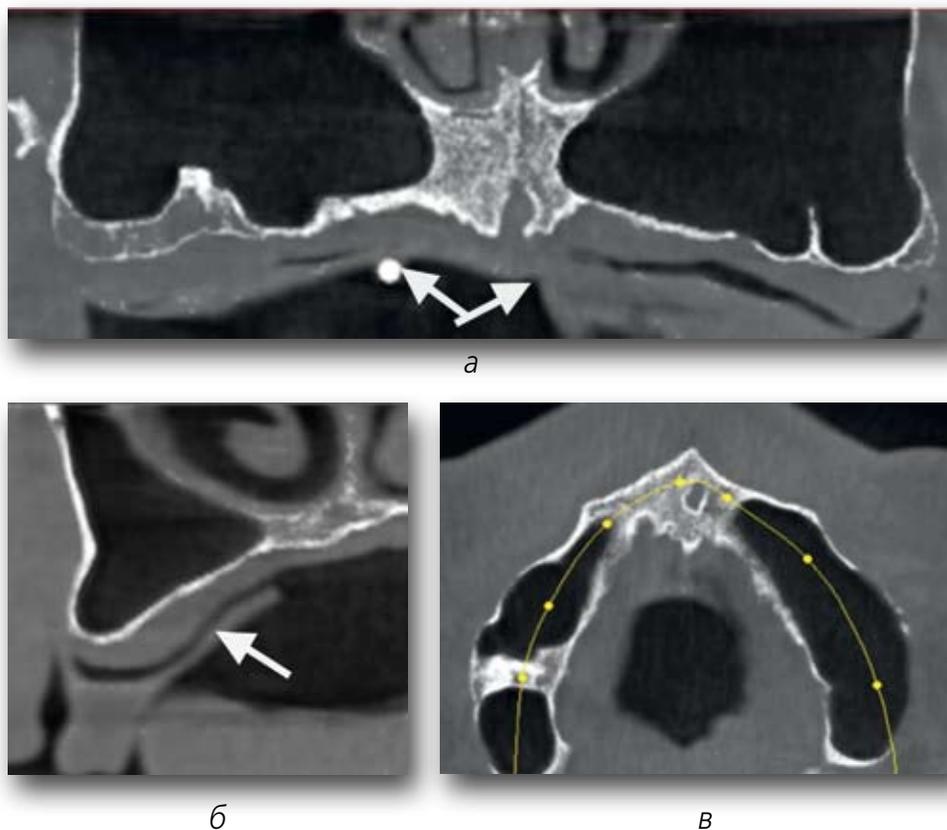


Рис. 9.

### Анатомия верхнечелюстных пазух.

*а* – панорамный вид анатомии области верхнечелюстных пазух. Реконструкция из 3D- изображения облегчает хирургическое планирование двустороннего синус-лифтинга. Хорошо различимы радиологический шаблон и маркер (отмечены стрелками), *б* – на поперечном срезе различим: радиологический шаблон, благодаря которому можно определить биотип (толщину) слизистой оболочки, *в* – аксиальный вид важен для оценки размеров пазух, конфигурации альвеолярного отростка и оценки объема планируемой операции. Понимание сложной анатомии пазух невозможно при использовании других радиографических модальностей.



Рис.10.

*Панорамная рентгеновская реконструкция. Реалистичные имплантаты DFI компании «Alfa Bio» установлены в позиции зубов 15, 17 и в позиции 25, 27, где предусматривается одновременное проведение операции синус-лифтинга слева.*



Рис.11.

*Большое значение при планировании непосредственной дентальной имплантации, особенно с немедленной нагрузкой, представляет плотность кости и измерение ее по шкале Hounsfield. Воздух по шкале определен как -1000 единиц Hounsfield (-1000 HU) и показан черным; вода определена как 0 HU и показана серым. Твердая ткань зубов, как правило 2000 HU или больше и показана белым цветом. Мягкие ткани, такие как жир или мышцы, имеют удельный вес в диапазоне - 100 HU и выглядят как оттенки серого.*

телем. Программное обеспечение содержит библиотеку реалистичных имплантатов и абатментов каждого изготовителя имплантатов. Необходимость подготовки участка имплантации может быть определена и включена в план лечения в качестве одного из факторов (рис. 10).

Изучение плотности альвеолярной кости, определение ее количества и качества, оценка твердых тканей челюстно-лицевой области, оценка состояния и возможности использования сохранившихся зубов для достижения конечной цели, полной стоматологической реабилитации пациента – составляет суть анализа. По Scott D. Ganz последовательность изучения КТ следующая: качество кости, объем кости, наличие костных дефектов в зоне проведения имплантации, длина и ширина имплантатов, тип и вид имплантата, необходимость проведения костной пластики и/или операций на мягких тканях.

**КАЧЕСТВО КОСТИ.** По компьютерной томограмме врач устанавливает качество костной ткани путем определения значения шкалы серого (Hounsfield, 1973) и проверяет топографию и толщину кортикальной и губчатой кости [9]. Оценивается объем кости, имеющий важное значение для адекватного кровоснабжения и фиксации имплантатов.

Наличие костных дефектов в зоне проведения имплантации важно для планирования аугментации, синус-лифтинга и других процедур, улучшающих качество и объем кости (рис.11). Точные КТ-данные и интерактивные программные средства позволяют врачу отметить «зону имплантации», на основе которой можно определить идеальные параметры имплантатов, т.е. длину и ширину. Определение типа имплантата, КТ и программное обеспечение в комбинации с другими предоставляемыми технологиями помогают врачу понять, какой тип имплантата (цилиндрический или конический) лучше всего подходит для конкретной ситуации. Определяют вид имплантатов: разборные, неразборные, узкие или стандартного диаметра для одноэтапной или двухэтапной имплантации, подходящих для решения конкретных проблем пациента. Костную пластику и/или проведение операций на мягких тканях планируют на основе определения объема дефекта, его локализации и размера. На этом этапе важно вместе с коллегами решить, какое мероприятие проводить, в какой последовательности, одновременно с установкой имплантатов или нет. Но количество и тип имплантатов в любом случае зависят от протетического планирования, т. е. от конечного результата.

Предсказуемость методов управляемой дентальной имплантации, доступных в настоящее время для любого специалиста независимо от его опыта и квалификации, позволяет надеяться, что состояние кости челюстей вскоре не будет абсолютным определяющим фактором в имплантации. В рамках презентации планирование и продолжительность лечения, возможные осложнения и, что немаловажно, его стоимость должны быть рассмотрены в деталях. Это обсуждение, в котором могут принять участие родственники или доверенные лица пациента, является краеугольным камнем любого информированного согласия. Без достижения окончательного соглашения и оформления соответствующей медицинской и финансовой документации лечение осуществляться не должно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.Ю., Воробьев Ю.И., Трутень В.П. Лучевая диагностика в стоматологии. - М., 2007. - 496 с.
2. Гончаров И.Ю. // Планирование хирургического этапа дентальной имплантации при лечении пациентов с различными видами отсутствия зубов, дефектами и деформациями челюстей // Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. - М., 2009. - 50 с.
3. Олесова В.Н., Кащенко П.В., Бронштейн Д.А., Магодметханов М.Ю., Хавкин В.А. Компьютерное планирование внутрикостной имплантации // Стоматология. - 2011 - №2. - С. 43-48.
4. Серова Н. С. Лучевая диагностика в стоматологической имплантологии. // Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. - М., 2010 - 47 с.
5. Юдин П.С., Юдин Л.П. Управляемая дентальная имплантация: от томографии к хирургическому шаблону // Дентальная имплантология и хирургия. - 2011 - №4-5, С. 122-129.
6. Юдин П.С., Юдин Л.П. Предоперационное планирование дентальной имплантации с помощью специализированного программного обеспечения SimPlant // Рос. вестн. дентальной имплантологии. - 2012. №1. - С. 9 - 20.
7. Almog DM., Benson BW, Wolfgang L., Frederiksen NL., Brooks SL. Computerised tomography-based imaging and surgical guidance in oral implantology // J. Oral Impl. - 2006 - 1. - P. 14-18 (Suppl. 4).
8. Eggers G., Patellis E., Muehling J. Accuracy of template-based dental implant placement Int. J. Oral Maxillofac. Implants. - 2009. - Vol.24. - P. 447-454.
9. Hounsfield, Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. Br. J. Radiol. 1973, Dec. - 46(552). - P.1016-1022.
10. Ganz S.D. Computer-aided design/computer-aided manufacturing applications using CT and cone beam CT scanning technology // Dent. Clin. North Am. - 2008 Oct. - Vol.52(4). - 777-808.
11. Jung R.E., Ganeles J., Haemmerle C. Computer-assisted applications in surgical implant dentistry: a systematic review // Int. J. Oral Maxillofac Implants. - 2009 - 24(suppl) - P.92-109.
12. Perel ML. Throwing darts // Implant. Dent. Editorial - 2003 - Vol.12(4) - P.267.
13. Schneider D., Marquardt P., Zwahlen M., Jung R.E. A systematic review on the accuracy and clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry // Clin. Oral Impl. Res. 20.
14. Tardieu P.B., Rosenfeld A.L. The art of computer-guided implantology // Quintessence Publishing. - 2009 - P. 221.
15. Van Assche N., van Steenberghe D., Guerrero M.E., Hirsch E., Schutyser F., Quirynen M., Jacobs R. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study // J. Clin. Periodontol. - 2007 Sep. - Vol.34(9). - 816-821.
16. Valente F., Schirotti G., Sbrennis A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study // Int. J Oral Maxillofac. Implants. - 2009. - Vol. 24. - p.234-242.

© Коллектив авторов, 2012

## ПРЕИМУЩЕСТВА ТРЕХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ПРЕДХИРУРГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

П.С. Юдин<sup>1</sup>, К.В. Щербаков<sup>2</sup>, М.К. Поляков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «3D Диагностика» (127055, г. Москва, ул. Новослободская, д. 71, офис 13), <sup>2</sup> Кемеровская областная клиническая стоматологическая поликлиника (650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, д. 18), <sup>3</sup> стоматологическая клиника «Карат» (654000, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Пирогова, д. 4)

Ни в какой другой области планирование не имеет такого важного значения как в дентальной имплантации, управляемой компьютером. Основным в процессе планирования является качественный сбор данных. Точные данные об анатомии челюстно-лицевой области можно получить только с помощью объемного трехмерного изображения, созданного компьютерным томографом. Медицинский и стоматологический анамнез, оценка качества гипсовых моделей, фотографий имеют в этом случае меньшее значение.

*Ключевые слова:* управляемая компьютером дентальная имплантация, программа SimPlant, точность установки имплантатов, временное протезирование.

No other field of planning is not a matter of such importance as a dental implant, computer-controlled. The main in the planning process is qualitative data collection. The exact data about the anatomy of the maxillofacial region can be obtained only with the help of three-dimensional image created by the CT. Medical and dental history, evaluation of the quality of plaster models, photos have in this case, a lower value.

*Key words:* : computer controlled dental implantation, program Simplant, accuracy of the installation of implants, a temporary prosthesis

Для принятия точного хирургического решения в дентальной имплантации необходима диагностическая визуализация, иначе невозможно осуществить адекватное планирование, что приводит к тому, что имплантаты устанавливаются под неверным углом либо абсолютно неправильно [2–4, 7–9, 11]. С появлением компьютерной томографии (КТ) у хирурга появилась возможность оценить реальное влияние анатомии имплантируемого участка челюсти на принятие хирургического решения до операции, поскольку КТ превосходит все другие виды дентальных рентгенограмм как по точности, так и в анатомическом аспекте. Традиционная панорамная рентгенограмма (ОПГ) – двумерное изображение, которое не обеспечивает всей необходимой для правильной установки

имплантатов информации: точных размеров участка предполагаемой имплантации, определения границ критических анатомических структур, качественных и количественных характеристик кости (рис.1).

Дентальная объемная томография (ДОТ) используется как основной метод рентгенологического исследования в дентальной имплантации недавно, только с появлением конусно-лучевых компьютерных томографов (КЛКТ), что становится существенной предпосылкой успешного развития имплантологии [3]. Рентгеновское изображение представляет врачу информацию о состоянии кости альвеолярного отростка, его размерах, близости критических анатомических структур, повреждение которых возможно во время остеотомии. Клиницист, исследуя па-

Юдин Павел Семенович – доктор мед. наук, профессор, тел. 8 (495) 363-36-03, e-mail: PavelYoudin@yandex.ru

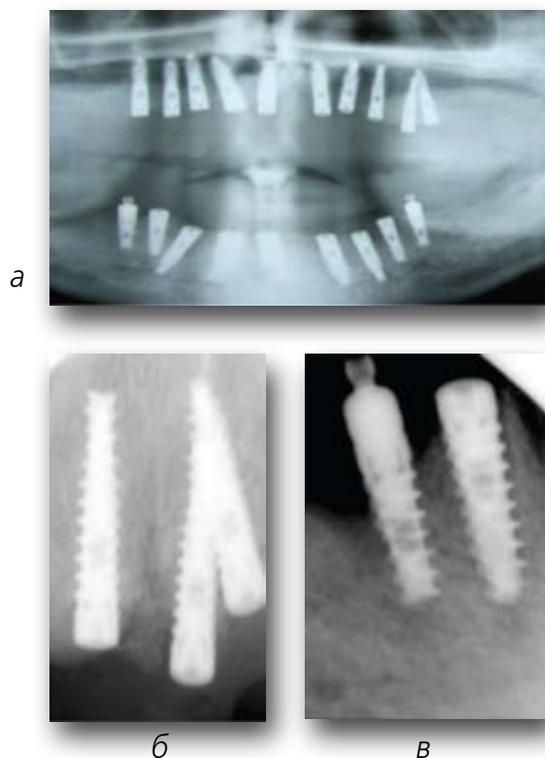


Рис. 1.

**Панорамная рентгенография на аналоговом оборудовании: двумерное изображение очень неточное, имеет искажения и не обеспечивает достаточный для планирования дентальной имплантации объем информации (а). Для интраоральных снимков ситуация в принципе неперспективна (б,в).**

циента, чаще использует панорамную рентгенографию в прямой проекции (ОПГ), реже периапикальные снимки, но эти двумерные исследования недостаточно информативны, хотя при низкой лучевой нагрузке способны обеспечить малозатратную предоперационную оценку. Местоположение имплантата все же можно выбрать с помощью приведенных методик, однако не представляется возможным провести количественную оценку качества кости, получить точные данные об анатомии пациента и тем более осуществить точное протетически обоснованное планирование дентальной имплантации. Устранить недостатки двухмерных исследований в имплантации можно с помощью трехмерного исследования (ДОТ), которое вместе с CAD-CAM-технологиями и программами планирования стало основой управляемой дентальной имплантации [1,

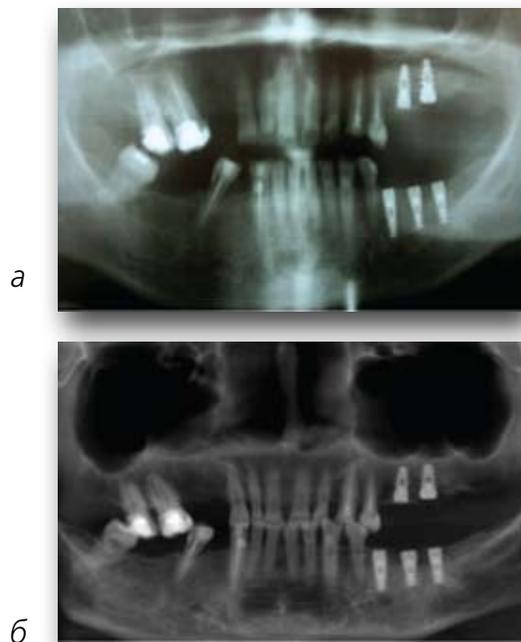


Рис. 2.

**Аналоговая ОПГ пациента после имплантации (а), цифровая реконструкция (2D-переформатированное из 3D) того же пациента (б).**

4, 5, 9–14]. Особым преимуществом трехмерного изображения является возможность переформатирования однажды полученного набора объемных данных в панорамный вид, аксиальный или кросс-секции. Произведенные компьютером поперечные виды преобразуются в планы, проходящие через кость верхней или нижней челюсти под прямым углом, как к панорамным, так и к первоначальным аксиальным срезам (рис. 2).

Каждый поперечный вид представляет слой изображения приблизительно 0,25 мм толщиной, обычно находящийся на расстоянии 1 или 2 мм от другого. Поперечные виды могут оказаться самыми важными. Именно на основе этих изображений делают выводы о качестве кости, размере имплантата и угле наклона. Оценивая поперечное изображение, можно определить толщину, плотность кортикальной и трабекулярной кости (рис. 3).

Возможна осуществляемая с помощью специализированных программ реконструкция трехмерного изображения в двухмерное (2D), дающая врачу достоверную,



Рис. 3.

**Несколько последовательных поперечных срезов (кросс-секций) исследуемой области, сделанных под прямым углом к продольной оси, дают достаточную информацию, позволяющую планировать подготовку к дентальной имплантации.**



Рис. 4.

**Реконструкция объемного изображения в программе SimPlant в панорамный вид.**

Хорошо различимы изменения структуры кости нижней челюсти, состояние твердых тканей оставшихся зубов, пространственные отношения между ними, расстояние до нижнечелюстных каналов, демонстрирующие патологию и возможности установки имплантатов.

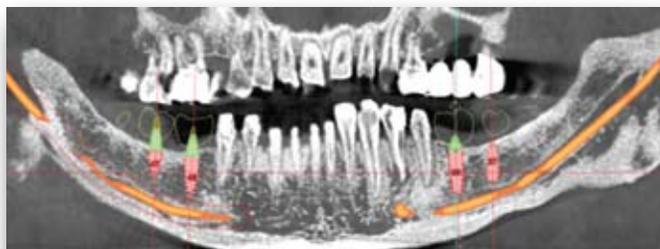
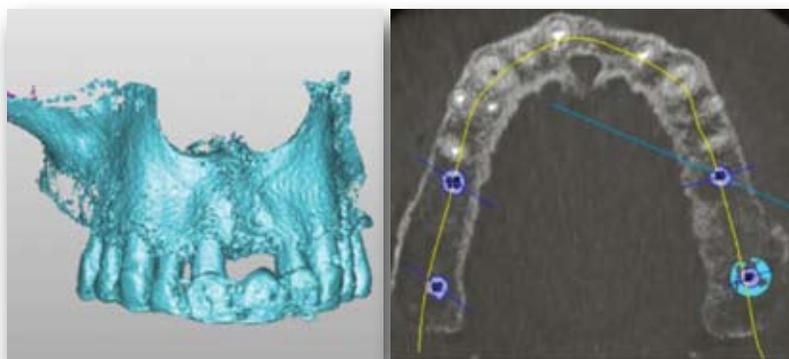


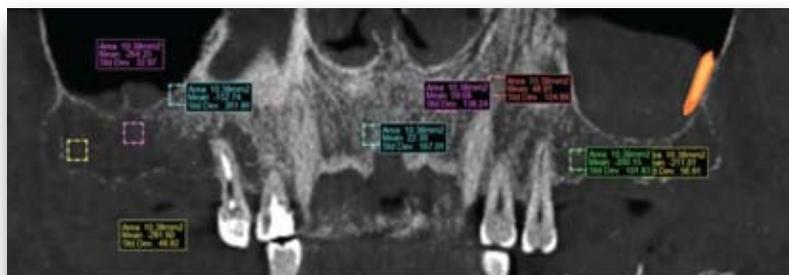
Рис. 5.

**Панорамный вид в процессе планирования в SimPlant: использованы «виртуальные зубы» (желтые силуэты). Трассирован нижний альвеолярный нерв (выделен цветом), определена зона безопасности (выделено красным).**



а

б



в

Рис. 6.

**Аксиальный вид компьютер преобразует в поперечный и панорамный виды.**

Желтым цветом показана панорамная кривая – важный ориентир для дальнейших преобразований (а, б), панорамный вид (в).

Интенсивность пиксела (градации серого) по изображениям КТ показывает относительную радиографическую плотность исследуемых тканей и оценивается по шкале Хаунсфилда, что дает возможность определить в программе SimPlant количественные характеристики кости и пригодность ее для имплантации.

в отличие от ОПГ, информацию о состоянии костных структур. Специализированная программа планирования дентальной имплантации SimPlant («Materialise Dental», Leven, Бельгия) поддерживает 3D-изображение, так же как и аксиальные, панорамные и поперечные виды [14].

Хорошо различимы изменения структуры кости нижней челюсти, состояние твердых тканей оставшихся зубов, пространственные отношения между ними, расстояние до нижнечелюстных каналов, демонстрирующие патологию и возможности установки имплантатов.

Интерактивные компьютерные инструменты программы позволяют установить «виртуальные» имплантаты в оптимальные позиции и выровнять в соответствии с predeterminedными позициями зубов, видимых на радиологическом сканирующем устройстве. Виртуальные имплантаты и абатменты, представляющие платформы большинства производителей, доступны, могут быть установлены и позволяют манипулировать ими по желанию на изображении.

Преобразованные панорамные виды подобны в некотором отношении обычным дентальным панорамным томограммам (ОПГ). Основным отличием является то, что преобразованные панорамные виды настроены для прослеживания контуров верхней или нижней челюсти; отсутствует искажение или увеличение изображения; изображение представляет тончайшее сечение, не являющееся смещением анатомии в пределах широкого фокального минимума. Преобразованные панорамные виды делаются под прямым углом к первоначальным аксиальным срезам, они являются особенно ценными для определения локализации анатомических ориентиров, таких как нижнечелюстной канал, резцовое отверстие и верхнечелюстные пазухи. Обычно они представлены многократными сечениями, охватывающими всю длину, высоту и толщину кости. Приблизительно 10–15 панорамных видов, производимых на расстоянии 1 мм друг от друга, из набора близко расположенных аксиальных

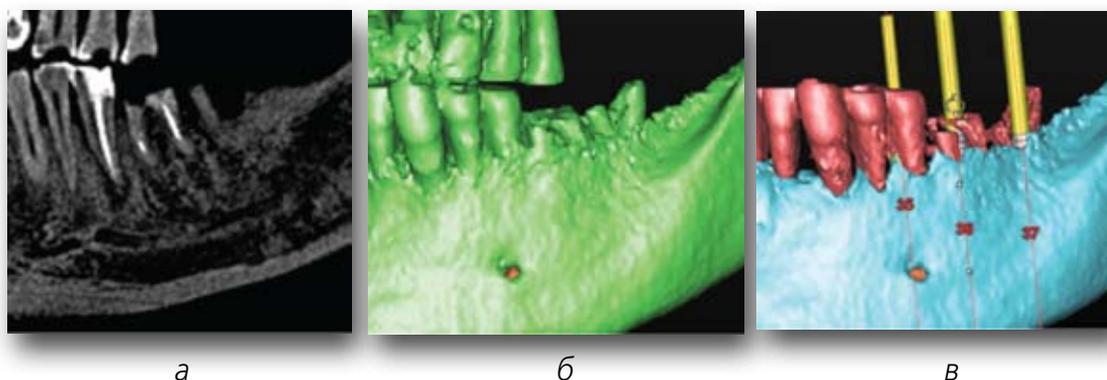


Рис. 7.

*SimPlant* дает возможность ортопедам и хирургам предметно обсуждать предварительный план имплантологического лечения.

а - рентгеновское изображение: ОПГ, б - Фрагмент 3D-модели до сегментации, в - выделены цветом маски зубов 32,33 и оставшиеся корни 34,35 и 36, которые подлежат удалению, г - сегментация позволяет в 3D-модели установить виртуальные имплантаты вместо удаляемых зубов. Представлен план на панорамном изображении.

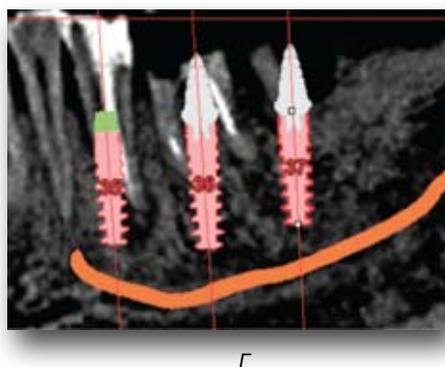
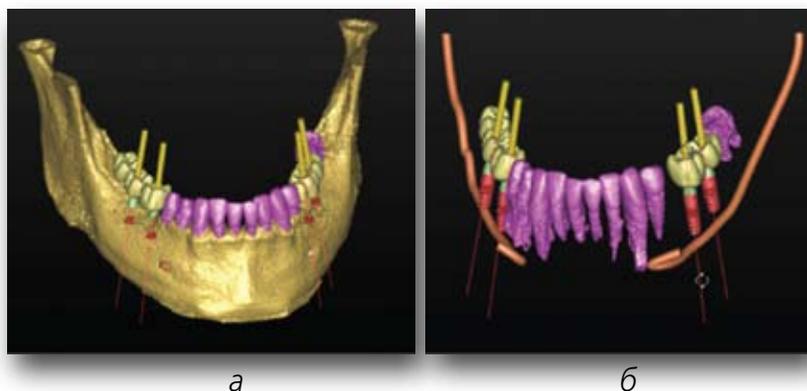


Рис. 8.

*Альвеолярная кость, тело челюсти, зубы и титановые имплантаты отличаются по плотности (по шкале Hounsfield). Они могут быть сегментированы как отдельные структуры и показаны как обособленные трехмерные объекты.*

а - сегментировано тело челюсти, сохранившиеся зубы, б - естественные зубы отделены от челюстной кости для пространственного представления соотношений имплантатов, нижнечелюстных нервов и виртуальных зубов.



срезов достаточно для представления всей челюсти (рис. 4).

Интенсивность пиксела (градации серого) по изображениям КТ показывает относительную радиографическую плотность исследуемых тканей и оценивается по шкале Хаунсфилда, что дает возможность определить в программе *SimPlant* количественные характеристики кости и пригодность ее для имплантации.

**3D-виды.** Создаваемые компьютером, а точнее программой *SimPlant* 3D-виды предоставляют общий вид архитектуры костей лицевого скелета, точную и наглядную анатомию пациента, могут показывать желаемые позиции имплантатов, виртуально (в виде так называемых масок) выделять любые сохраняемые зубы и виртуально удалять другие. Они могут быть очень полезными в понимании анатомических структур, которые значительно меняются в трех измерениях, таких как дно верхнечелюстных пазух.

Устанавливая виртуальные имплантаты на 3D-изображении, клиницист может определить необходимость аугментации кости до проведения хирургии, необходимость подсадки кости, расщепления альвеолярного гребня, проведения синус-лифтинга и т.д. Также можно сделать 3D-изображение прозрачным и вращать его во всех направлениях. Работая с 3D-видом, врач сможет спланировать изменение угла имплантата предоперативно, избегая повреждения какой-либо важной анатомической структуры, но сохранить положение имплантата на одной линии с зубами, изображаемыми в программе *SimPlant*. Затем можно установить угловой абатмент, чтобы гарантировать правильный угол наклона коронки.

Понять, где и каким образом в дентальной имплантации могут быть использованы CAD/CAM и другие новые технологии, начиная с первого посещения пациентом врача до хирургической операции, для успешного лечения

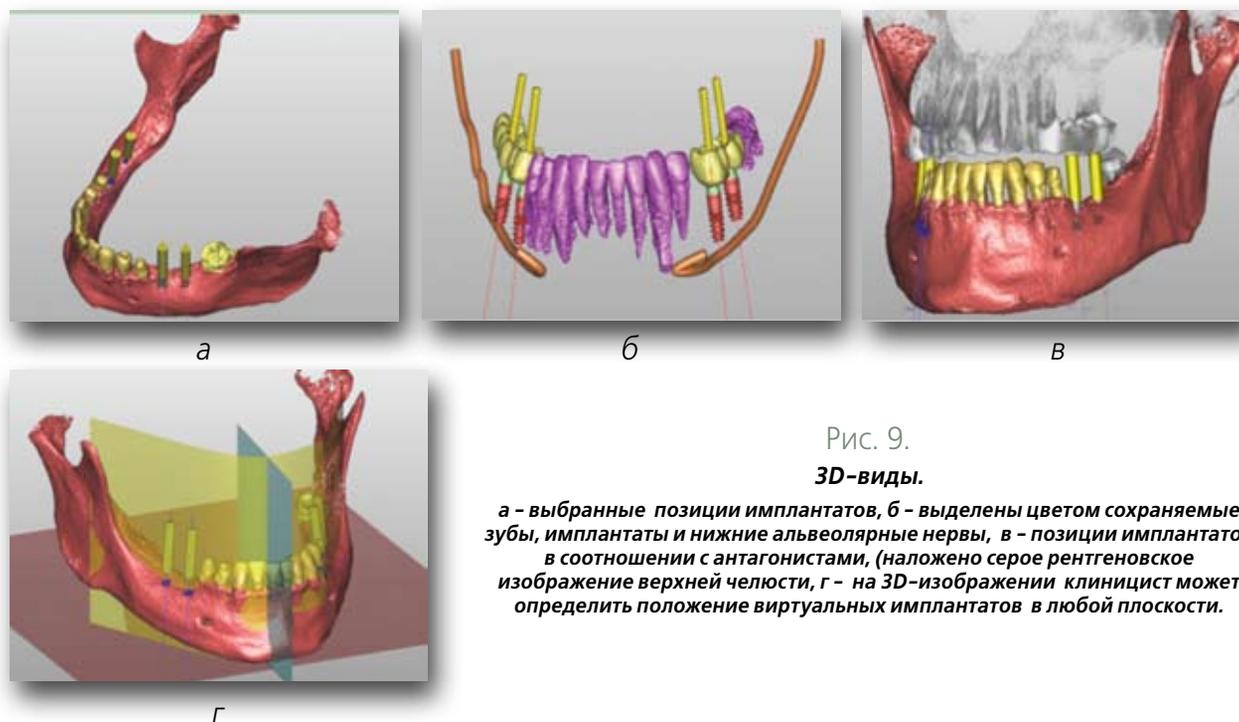


Рис. 9.

**3D-виды.**

**а** - выбранные позиции имплантатов, **б** - выделены цветом сохраняемые зубы, имплантаты и нижние альвеолярные нервы, **в** - позиции имплантатов в соотношении с антагонистами, (наложено серое рентгеновское изображение верхней челюсти), **г** - на 3D-изображении клиницист может определить положение виртуальных имплантатов в любой плоскости.

стоматологического пациента крайне необходимо. Влияние биологических и технологических причин приводит к увеличению сроков лечения, поэтому некоторые его стадии могут занять много месяцев, чтобы получить результат, другие шаги могут быть автоматизированы и ускорены с помощью современных компьютерных технологий. Но об этом в следующих сообщениях.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Васильев А.Ю., Воробьев Ю.И., Трутень В.П. Лучевая диагностика в стоматологии. // М., 2007. - 496 с.
2. Олесова В.Н., Гафутдинов Д.М., Кабанов А.Ю., Дмитренко Л.Н., Мушеев И.У., Дахно Л.А. Компьютеризированное планирование дентальной имплантации // Российский вестник дентальной имплантологии. - 2004. - №2(6). - С. 54-57.
3. Серова Н. С. Лучевая диагностика в стоматологической имплантологии. // Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. - М., 2010. - 47 с.
4. Юдин П.С., Юдин Л.П. Управляемая дентальная имплантация: от томографии к хирургическому шаблону // Дентальная имплантология и хирургия // - 2011 - N4-5, С. 122-129
5. Юдин П.С., Юдин Л.П. Предоперационное планирование дентальной имплантации с помощью специализированного программного обеспечения SimPlant. // Российский вестник дентальной имплантологии. - 2012. - №1(25). - С.9-14.
6. Almog D.M., Benson B.W., Wolfgang L., Frederiksen N.L., Brooks

- S.L. Computerised tomography-based imaging and surgical guidance in oral implantology// J. Oral Impl. - 2006. - 1. - P.14-18.
7. Ganz S.D. Presurgical planning with CT-derived fabrication of surgical guides// J. Oral Maxillofac Surg. - 2005 Sep. - 63(9 Suppl 2). -P.59-71.
8. Tardieu P.B., Vrielinck L., Escolano E. Computer-assisted implant placement. A case report: treatment of the mandible// Int J Oral Maxillofac Implants. - 2003 Jul-Aug. - 18(4). - P.599-604.
9. Misch K.A., Yi E.S., Sarment D.P. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements// J. Periodontol. - 2006. 77. - 1261-1266.
10. Van Assche N., van Steenberghe D., Guerrero M.E., Hirsch E., Schutyser F., Quirynen M., Jacobs R. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study// J. Clin Periodontol. - 2007 Sep. -34(9). P. 816-821.
11. Perel M.L. Throwing darts. Implant Dent. Editorial 2003;12(4):267.
12. Eggers G., Patellis E., Muehling J. Accuracy of template-based dental implant placement Int J Oral Maxillofac Implants 2009; 24:447-454.
13. Jung R.E., Ganeles J., Haemmerle C. Computer-assisted applications in surgical implant dentistry: a systematic review// Int J. Oral Maxillofac Implants - 2009. - 24(suppl). - 92-109.
14. Tardieu P.B., Rosenfeld A.L. The art of computer-guided implantology// Quintessence Publishing, 2009. - 221 с.