

Современная компьютерная томография для стоматологии

Автор: *Розацкий Д.В., врач-рентгенолог
стоматологического объединения «ОПТОС», Смоленск
www.stom-center.com*

Среди многочисленных революционных событий и переломных моментов в медицине **особое место занимает открытие X-лучей**. Благодаря этому открытию врачи получили возможность увидеть то, что раньше было скрыто и недоступно для прижизненного исследования. В настоящее время использование рентгенографии в диагностике всевозможных патологических процессов уже является стандартной и неотъемлемой частью любого комплексного обследования. В полной мере это касается и стоматологии. Первый снимок зубов был сделан уже через год после того как Вильгельм-Конрад Рентген доложил миру о существовании неизвестного ранее излучения. По современным понятиям на том первом снимке мало что можно было разобрать, но, тем не менее, можно смело говорить о том, что рентгенологический метод обследования используется в стоматологии уже второе столетие.

Были свои «революции» и в зубочелюстной рентгенологии. В 1926 году *Цешинский* опубликовал работу, где описал метод изометрической съемки зубов, и с тех пор данный метод стал основным для внутривисочной рентгенографии. В 1926 году финские специалисты *Сойла* и *Паатеро* создали первый ортопантомограф и сейчас наличие ортопантомограммы в амбулаторной карте пациента является неотъемлемым атрибутом стоматологического приема любого профиля.

По мере внедрения в практику разного рода высоких технологий, развивались и интраскопические методы исследования в медицине. Настоящий переворот в мировоззрении произвело появление **КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ (КТ)**. Первый компьютерный томограф был испытан в 1974 году. Впоследствии его создатели, инженеры *Кормак* и *Хаунсфильд*, получили за это изобретение Нобелевскую премию, а компьютерная томография стала одним из самых востребованных методов лучевой диагностики.

В чем же **преимущества** компьютерной томографии по сравнению с другими методами рентгенодиагностики?

- Прежде всего в том, что при стандартной рентгенографии или, например, ортопантомографии, в итоге получается единое плоскостное и суммационное изображение объекта, а при КТ-исследовании полностью сканируется трехмерный объект.
- Любой обычный снимок делается в реальном режиме времени и в дальнейшем остается статичным плоским изображением. Его можно рассматривать на негатоскопе или в программе визиографа, но посмотреть объект под другим углом или в другой проекции уже невозможно - для этого надо делать новый снимок. В противовес этому, восстановленный в памяти компьютера трехмерный реформат представляет собой точную копию всей сканированной области и, уже в отсутствии пациента, специалист может изучить любой интересующий его объект под любым углом, с любой стороны, во всех плоскостях и на любой глубине.
- Если обычная рентгенограмма представляет собой суммационное изображение, при котором все расположенные последовательно детали накладываются друг на друга, то компьютерная томограмма - это срез тканей объекта толщиной от долей миллиметра до нескольких миллиметров, прочерченный произвольно в заданном месте.
- В процессе проведения рентгенологического обследования с использованием любого метода съемки неизбежно возникает определенное проекционное искажение объекта по величине или конфигурации, что может привести к ошибкам при интерпретации изображения. При компьютерной томографии объект сканируется практически «один к одному», что исключает данный вид искажения в процессе реконструкции трехмерного изображения и получении среза.

Однако, не все компьютерные томографы одинаковы и далеко не каждый тип аппарата может быть использован в стоматологии.

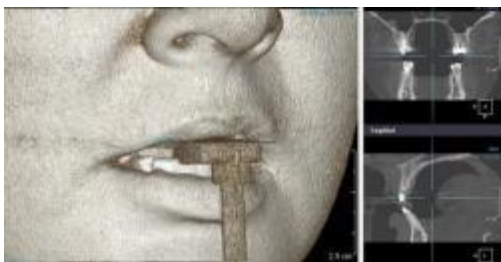
Технически, каждый **компьютерный томограф состоит** из трехмерного сканера, аналогово-цифрового преобразователя и компьютера. Стандартный общемедицинский сканер (который, собственно, обычно и называют компьютерным томографом) представляет собой стол, на котором располагается пациент, и гентри - сканирующее устройство в виде кольца, через которое движется стол с пациентом. На внутренней поверхности гентри находится вращающаяся апертура, несущая детекторы и излучатель. Чем меньше площадь одного точечного детектора и чем больше их количество в апертуре, тем выше качество томограммы.

Количество детекторов у аппаратов разных поколений и конструкций заметно отличается. Если последовательные томографы третьего поколения имели не более 500 детекторов, то машины четвертого поколения несут в апертуре уже до полутора тысяч детекторов, а самые современные спиральные - 5000 и более. При спиральной томографии делается уже не серия сканов на разных уровнях, а один прогон среза по спирали с определенным шагом подачи стола в апертуру. Вершиной развития спиральной томографии стало появление мультиспиральных КТ. В этом случае производится не один спиральный срез, а сразу 4, 16 или больше при размере детектора 0,5 мм (соответственно, разрешение 2 пары линий на мм).

Несмотря на широчайшие диагностические возможности, до недавнего времени компьютерная томография как метод обследования крайне редко применялась в стоматологии. Во многом это было связано с общими не слишком высокими диагностическими запросами стоматологов, достаточно высокой лучевой нагрузкой и качеством изображения, недостаточным для нужд терапевтической стоматологии. Однако, развитие КТ-технологий шло не только по пути усовершенствования спиральных томографов. В начале 21 века на рынке диагностического оборудования появился принципиально новый компьютерный томограф, предназначенный непосредственно для обследования челюстно-лицевой области.

Принципиальное отличие специализированных **СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ТОМОГРАФОВ** от последовательных и спиральных КТ заключается, **во-первых**, в том, что, в данном случае для сканирования вместо тысяч точечных детекторов используется один плоскостной сенсор, похожий на сенсор ортопантомографа, и **во-вторых**, в том, что генерируемый луч коллимируется в виде конуса. Аппарат не имеет гентри и конструктивно тоже напоминает ортопантомограф - вокруг головы пациента вращается консоль с сенсором и излучателем. Во время съемки излучатель работает непрерывно, а с сенсора несколько раз в секунду считывается информация. То есть, грубо говоря, делается несколько кадров в секунду. Затем информация обрабатывается в компьютере и восстанавливается виртуальная трехмерная модель сканированной области (*рис. 1*). После этого трехмерный реформат «нарезается» слоями в виде аксиальных срезов определенной толщины и каждый слой сохраняется в памяти компьютера в виде файла в формате DICOM.

Рис. 1 Трехмерный реформат сканированной области, исходные фронтальный и профильный срезы



Специализированные челюстно-лицевые томографы рассчитаны на детальное исследование костной ткани и твердых тканей зубов (рис. 2). Мягкие ткани дифференцируются лишь конфигуративно. В то же время, благодаря использованию новых технологий, лучевая нагрузка при исследовании по сравнению с другими видами КТ снижена в десятки раз. В процессе исследования черепа на последовательном конвенционном томографе пациент получает 1000-1500 мкЗв (*микрозивертов*), на спиральном - не менее 400 мкЗв. При сканировании челюстно-лицевой области с помощью томографа с плоскостным сенсором лучевая нагрузка составляет, в зависимости от экспозиции, всего 45-60 мкЗв. По нижней границе это соответствует пленочной панорамной томограмме зубных рядов (ортопантомограмме), а по верхней - цифровой флюорограмме.

Рис. 2 Тот же реформат (рис. 1), с фильтрацией мягких тканей



ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ, определяющими качество конечного продукта (томограммы) для стоматологических томографов являются:

- А) разрешающая способность сенсора (чем больше пар линий на мм, тем выше качество исходного изображения);
- Б) количество считываний информации за общее время сканирования или, при одинаковой траектории движения, количество «кадров в секунду» (чем выше плотность считывания, тем достовернее виртуальная реконструкция);
- В) толщина слоя при сохранении файлов в DICOM (чем тоньше слой, тем мельче воксель - визуализируемый элемент объема, являющийся структурной единицей изображения).

Указанные выше опции обеспечивают качество исходного материала, но для получения максимума необходимой информации кроме этого необходим определенный набор функций и инструментов, предусмотренных **программным обеспечением**. Чем больше адаптированных к стоматологии опций имеет программа и чем легче к ним доступ, тем удобнее работать с изображением и тем больше необходимой информации получит специалист любого профиля.

Иногда в периодической литературе или рекламных проспектах можно встретить длинное обозначение - «дентальный трехмерный компьютерный томограф». Сразу следует уточнить, что слово «трехмерный» логически относится не к томографу, а к томограмме - любая **компьютерная** томограмма делается на основе трехмерного реформата и другой (не трехмерной) быть не может. Поэтому «трехмерный» - здесь просто лишнее слово. Определение «дентальный» в прямом переводе означает «зубной» и тоже должно считаться некорректным, ибо с помощью данной аппаратуры можно исследовать не только зубы, но и височно-нижнечелюстные суставы, все придаточные синусы носа (включая решетчатый лабиринт и клиновидную пазуху), пирамиду височной кости, любые отделы лицевого скелета, а при желании и лучезапястный сустав в полном объеме. Первые томографы такого класса имели очень маленькую матрицу и область сканирования была размером 3×4 см, то есть примерно как пленка для внутриротовой съемки зубов в двухмерном эквиваленте. По сему, обозначение «дентальный» первое время являлось вполне логичным, однако сейчас современные томографы предназначены для сканирования всей лицевой области и оснащены матрицей гораздо большего размера. Таким образом, полноценным рабочим названием аппаратуры данного типа является - **челюстно-лицевой или максиллофациальный компьютерный томограф**. В зарубежной литературе также встречается сокращенное обозначение - **3D томограф**. С технической точки зрения - это **плоскосенсорный компьютерный томограф с конусно-лучевым генератором**.

В настоящее время компьютерные томографы для стоматологии **выпускают многие зарубежные фирмы**. На отечественном рынке диагностической аппаратуры чаще всего позиционируются три аппарата: **ACCUITOMO** фирмы Morita (Япония); **PICASSO**, Vatech (Южная Корея) и **GALILEOS**, Sirona (Германия). Конструктивно все три аппарата похожи друг на друга, но имеют целый ряд отличий в технических характеристиках и возможностях программного обеспечения.

С точки зрения технических параметров, о которых уже упомянуто выше, бесспорным лидером является ACCUITOMO (*Morita*), однако данный томограф имеет довольно примитивное программное обеспечение, слабо адаптированное к стоматологии, практически стандартный общемедицинский DICOM-просмотрщик.

Томографы PICASSO и GALILEOS оснащены специализированными стоматологическими программами, однако не являются полностью идентичными. Конструктивно они различаются тем, что у PICASSO, как и у ACCUITOMO (*Morita*), приемником изображения служит сенсор на основе CMOS матрицы со слоем CsI, которая напрямую воспринимает информацию, а у GALILEOS информация считывается с помощью

CCD матрицы и сигнал воспринимается опосредованно после прохождения через УПИ (усилитель рентгеновского изображения).

По техническим характеристикам PICASSO превосходит GALILEOS:

- разрешение сенсора GALILEOS - 2 пары линий/мм, PICASSO - 2,5 пар линий/мм;
- размер вокселя сохраненного изображения у GALILEOS - 0,3 мм, у PICASSO - регулируемый размер от 0,125 мм до 0,3 мм, по умолчанию 0,2 мм;
- количество «кадров в секунду» у обоих аппаратов одинаково, однако у GALILEOS траектория движения вокруг объекта 204 градуса и время сканирования 14 сек, а у PICASSO - 360 градусов и 24 сек, следовательно, объем первично считанной информации превосходит аналог более чем в полтора раза.

Кроме этого, томограф PICASSO выпускается в трех модификациях (PICASSO-Trio, PICASSO-Pro, PICASSO-Master), отличающихся друг от друга габаритами, конфигурацией и набором функций. Более того, каждая модель по желанию может быть оснащена сенсором с различной площадью матрицы - 8см×7см, 12см×7см, 15см×13см и 20см×15см. По сути, сенсор - самая дорогая деталь в томографе и разница между моделями с разным размером матрицы может быть очень существенной. В то же время, для специалистов занимающихся диагностикой на амбулаторном приеме есть возможность не переплачивать за излишнюю площадь матрицы. **Самым оптимальным** в данном случае является сенсор 12см×7см. Такой размер, независимо от индивидуальных анатомических особенностей, позволяет сканировать нижнюю челюсть (без височно-нижнечелюстного сустава), альвеолярную часть верхней челюсти и нижние отделы гайморовых пазух одновременно, либо все придаточные синусы носа в полном объеме.

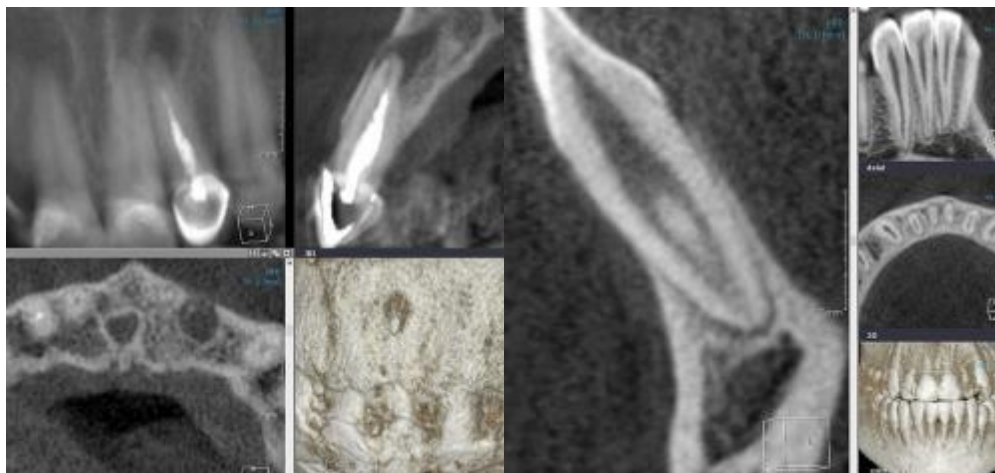
Каждая модель томографов PICASSO способна работать в режиме «быстрой съемки». В этом случае время сканирования сокращается до 15 сек. Количество считанной информации несколько уменьшается, снижается детализация особо мелких структур рисунка, но заметно уменьшается и лучевая нагрузка. Быстрая съемка удобна для исследования в детской стоматологии и для контроля после операции имплантации.

Особого внимания заслуживает аппарат **PICASSO-Trio** - это своего рода диагностический «комбайн», с помощью которого можно производить все виды рентгенографии, используемой в стоматологии и не только. Это, безусловно, компьютерная томография, а также телерентгенография и панорамная томография зубных рядов (ортопантомография). Один аппарат - три функции. Что же касается внутривидеороентгенограмм зубов, следует сказать, что диагностический снимок любого зуба может быть выделен из компьютерной томограммы путем обработки соответствующего фрагмента (рис. 3, 4).

Рис. 3 КТ исследование зуба 2.2:

- зонограмма области 2.1-2.2 с толщиной среза 10 мм, соответствующая внутривидеороентгенограмме зуба;
- профильная томограмма зуба 2.2;
- аксиальная томограмма альвеолярного отростка в области периапикальной деструкции и резцового канала;
- увеличенный фрагмент 3D реформата: фенестрация кортикальной пластинки в области проекции верхушки корня 2.2

Рис. 4 Определение топографии корневого канала зуба 4.2, увеличенный фрагмент профильного среза: начинаясь двумя устьями, канал заканчивается единым апикальным отверстием



Программное обеспечение томографов PICASSO на сегодняшний день можно считать уникальным. В отличие от других программ, где многие действия жестко определены фиксированным алгоритмом или стандартно автоматизированы, EPX-Implra открывает неограниченный простор для творческой мысли.

Современные плоско-сенсорные компьютерные томографы могут использоваться врачами стоматологами любой специальности (рис. 5-8).

Рис. 5 Аксиальная томограмма: определение топографии каналов перед эндодонтическим вмешательством

Рис. 6 Пародонтологический статус верхней челюсти в панорамной 3D реконструкции, серия профильных томограмм заданной области

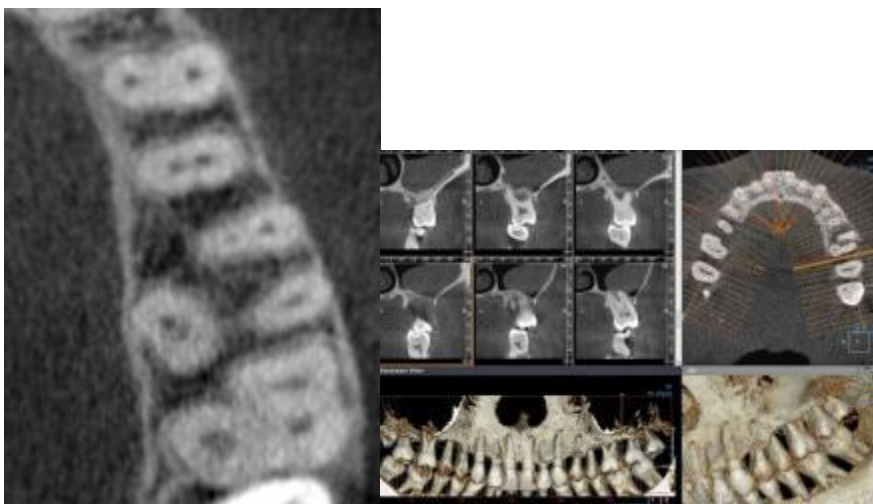
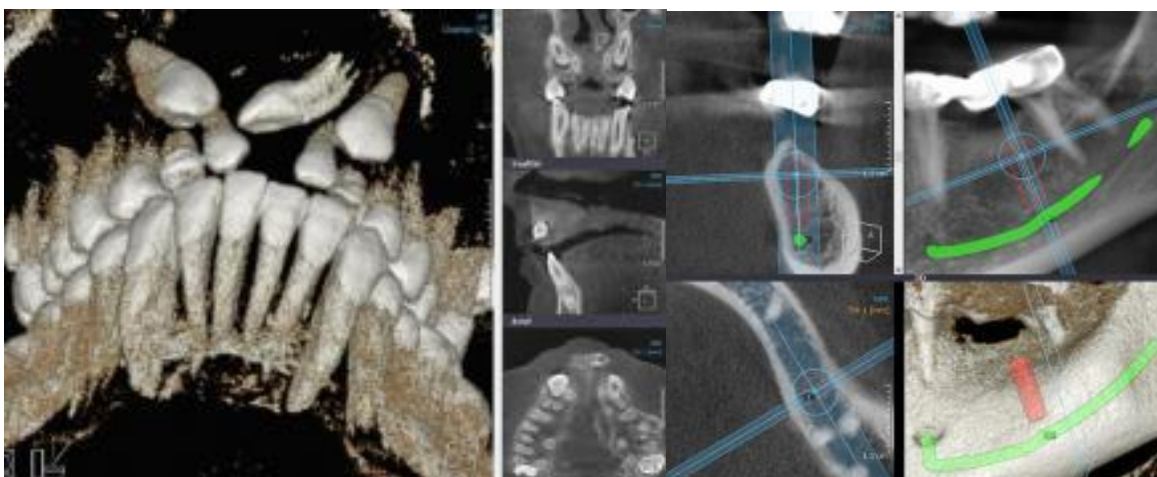


Рис. 7 Трехмерный реформат с фильтрацией костной структуры: определение пространственного положения ретенрованных зубов при двусторонней расщелине альвеолярного отростка и твердого неба

Рис. 8 На этапе исследования при планировании операции имплантации



Статья впервые опубликована в журнале «Институт Стоматологии», №1 (38), апрель 2008