© И.И.Камалов, 2011

УДК 616.073.75.001.76

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДИГИТАЛЬНОЙ (ЦИФРОВОЙ) РЕНТГЕНОГРАФИИ

ИЛЬДАР ИСХАКОВИЧ КАМАЛОВ*, докт. мед. наук, профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ГОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет Росздрава» [8(843) 269-57-97]*

Реферат. В связи с тем, что современное рентгенодиагностическое оборудование полностью переходит от аналоговых на производство цифровых изображений, появилась необходимость информировать врачей о перспективном направлении дигитальной (цифровой) рентгенографии и других методов рентгенодиагностики. Принципиально отличительным признаком цифровой рентгенографии и ее преимуществом является разделение процесса формирования изображения на отдельные этапы, а также качественное улучшение пространственного и контрастного разрешения изображения. Таким образом, преимуществом цифровой рентгенографии перед обычной экранно-пленочной рентгенографией является лучшая видимость незначительных различий в контрастности и значительно бо́льшая экспозиционная широта, что уменьшает число бракованных снимков и снижает дозу облучения.

Ключевые слова: дигитальная (цифровая) рентгенография, перспектива развития.

PROSPECTIVE TRENDS OF DIGITAL (NUMERIC) RADIOGRAPHY

I.I. KAMALOV

Abstract. Due to the fact that modern X-ray diagnostic equipment is completely converted from analog to digital production of images, there is a necessity to inform physicians about the prospective trends of digital (numeric) radiography and other methods of X-ray diagnosis. The principal distinctive mark of digital radiography and its advantage is the separation of the process of image forming on different stages, as well as qualitative improvement in spatial and contrast resolution of the images. Thus, the advantage of digital radiography over the conventional display-film-type radiography is superior visibility of minor differences in contrast and a much greater exposure width, that reduces the number of defective images and reduces the radiation dose.

Key words: digital (numeric) radiography, perspectives of development.

Принципиальным отличительным признаком цифровой радиографии и ее преимуществом является разделение процесса формирования изображения на отдельные этапы (детекция лучевого изображения; формирование и последующая обработка цифрового изображения; накопление изображений; визуализация изображений для их анализа и, наконец, архивизация изображений).

Цифровое изображение состоит из определенного числа точек (пикселей), которым придается определенное числовое значение, соответствующее средней величине плотности (серой шкале) в данной точке. Показатель точности выражается в битах (в двойной системе). Показатели, расположенные в пространстве в виде строчек и столбцов, формируют матрицу изображения. Для воспроизведений 256 оттенков серого (ступеней серого) требуется 8 бит на один пиксель. Для необходимой контрастности изображения современные системы требуют до 10 и более бит на пиксель.

Пространственное и контрастное разрешение изображения. В обычной (аналоговой) рентгенографии пространственное разрешение определяется главным образом зернистостью фотоматериала, в цифровом изображении оно зависит от размера пикселя, который, в свою очередь, зависит от размеров детекторов и матрицы изображения. В цифровой субтракционной ангиографии (ЦСА) используется матрица 512×512 или 1024×1024 точек, что уступает по пространственному разрешению обычной рентгенографии.

Для отражения малоконтрастных объектов основным фактором становится контрастное разрешение, которое определяется количеством битов на пиксель. Системы цифровой рентгенографии с экраном ЭОП работают с показателем 10 бит на пиксель, что дает 1024 ступени серого. Это значение значительно выше фотографической широты обычной рентгеновской пленки, поскольку она может отразить разницу плотностей позади объема в максимальном соотношении 1:20. Современные системы на селеновых детекторах имеют 14 бит на пиксель (16384 ступеней серого) и способны правильно отображать разницу плотности в соотношении 1:1000.

Наиболее важным аспектом качества изображения является его разрешающая способность. Часто при этом используется такой показатель, как число пар линий на миллиметр, которые может различить глаз при определенных условиях. Однако это определение действительно только для аналоговых изображений. На цифровых изображениях невозможно различить детали меньше одного пикселя. Такой тип разрешения называют пространственным разрешением. Если определить пространственное разрешение обычной рентгеновской

пленки, то его можно сравнить с цифровым изображением с разрешением 4096×4096 пикселей. При определенных обстоятельствах, например при маммографии, используется даже более высокое пространственное разрешение. Для определения пространственного разрешения необходимо иметь максимальное разрешение по контрастности. Под этим подразумевается, что пары линий и фон должны быть черными и белыми. При худшем разрешении по контрастности уменьшается и пространственное разрешение. Разрешение по контрастности в цифровом изображении зависит от числа возможных градаций серого; зачастую оно лучше, чем у аналоговых изображений.

На сегодня существуют современные системы цифровой рентгенографии с их важнейшими параметрами:

1. *Цифровая рентгенография с экрана ЭОП*. ***Цифровая прицельная рентгенография*** — система просвечивания с оцифровкой прицельного изображения на выходном экране ЭОП. ***Цифровая субтракционная ангиография ЦСА*** — специальная система с выполнением изображения «маски» из изображения с контрастированными сосудами.

2. ***Цифровая люминесцентная рентгенография*** — система с запоминающими пластинами, используемая в обыкновенных рентгеновских аппаратах.

3. ***Цифровая селеновая рентгенография*** — существует пока только для рентгенографии грудной клетки.

Оцифровка рентгеновского изображения. Существует основной принцип, по которому каждое аналоговое изображение методом высокоточного преобразования может быть превращено в цифровое изображение без какой-либо потери информации. Согласно теореме Шеннона, оцифрованное изображение можно считать высокоточным, если каждая самая мелкая деталь объема сканируется по меньшей мере дважды. Поэтому размер матрицы цифрового изображения должен зависеть от размера самой мелкой из имеющих диагностическое значение деталей.

Однако изображение в матрице 1024 требует вчетверо большего объема памяти для хранения, чем в матрице 512. Соответственно с возрастанием этой потребности увеличивается и стоимость объема памяти в расчете на одно изображение, а также увеличивается время на оцифровку изображения, запись данного на носитель и на передачу. При оцифровке рентгеновского изображения действует правило: изображение должно быть детальным, насколько это необходимо, и грубым, насколько это допустимо.

Цифровая рентгенография

Рентгеновское изображение создается на флюорографической пленке посредством облучения светом от усилительных экранов, в результате непосредственного воздействия квантов рентгеновских лучей. На пластинке с цифровыми изображениями информация сохраняется в виде возбужденных электронов на насыщенных фосфором пластинах, содержащих сложные неорганические вещества.

Таким образом, радиологическая информация после прохождения изучения через объект/тело временно сохраняется на пластинах с изображениями в обратной пропорции к абсорбированной дозе радиации. Для прочтения этой информации используется лазерный луч, освобождающий захваченную и сохраненную на пластине с изображениями энергию в виде испускаемого света. Лазерный луч последовательно, линия за линией, пробегает по пластине пока вся поверхность не будет считана. После лазерного стимулирования сохраненная в виде испускаемого света информация преобразуется через фотоусилитель в электронные сигналы. Пластина с изображением может быть вновь использована тысячи раз.

Электронный сигнал усиливается, переводится в цифровую форму и передается на процессор изображений. Это устройство выполняет две функции. Во-первых, оно вычисляет средний уровень затемненности изображения на суммарный диапазон между светлой и темной частями изображения. Во-вторых, оно использует эту информацию для расчета передаваемого на лазерный принтер оптимального изображения, которое последний воспроизводит на прозрачной пленке.

Цифровая информация может быть также направлена в систему архивирования изображений и связи (PACS), которая в комбинации с мониторами высокого разрешения, может позволить отказаться от использования фотографической пленки как для целей диагностики, так и для демонстрации изображений на конференциях.

Использование цифровых изображений с пленки имеет ряд преимуществ:

- чувствительность к квантам рентгеновских лучей увеличивается, что используется для улучшения качества изображения и уменьшения доз радиации;
- ошибки при экспонировании в значительной мере уменьшаются, поскольку почти все результаты экспонирования могут быть исправлены обработкой изображения;
- цифровое изображение можно передавать, изменять и представлять множеством различных способов.

Цифровая рентгенография с экрана ЭОП. Система рентгенографии с экрана ЭОП состоит, как и обычная система электронно-оптического преобразователя для просвечивания, из ЭОП, телевизионного экрана с высоким разрешением, рентгеновского высоковольтного генератора и рентгеновского излучателя. Сюда же входит штатив для исследования, цифровой преобразователь изображения и другие компоненты.

В качестве детектора используется ЭОП. Телевизионная камера превращает оптическое изображение преобразователя в аналоговый видеосигнал, который оцифровывается и обрабатывается. При обычной методике рентгенографии с экрана ЭОП с помощью 100 мм фотокамеры или кинокамеры переснимается оптическое изображение на выходном экране преобразователя. В цифровой же системе сигнал, поступающий с видеокамеры, аналого-цифровым преобразователем трансформируется в набор цифровых данных и передается в накопительное устройство. Затем эти данные в соответствии с выбранными исследователем параметрами компьютерное устройство переводит в видимое изображение.

Цифровая субтракционная ангиография (ЦСА), возникла в 80-е гг., стала вторым по времени после компьютерной томографии (КТ) методом рентгенологического исследования, в котором используется цифровой способ формирования и обработки изображения.

Вычитание из рентгеновского снимка, полученного после введения в сосуды контрастных веществ, снимка до инъекции — ангиография — практикуется в тече-

ние многих десятилетий. Данный метод используется особенно часто, если фон сосудистого дерева очень неоднороден или плотен, например, в основании черепа или в верхней части грудной клетки. Снимок до инъекции фотографически инвертируется таким образом, что черное становится белым и наоборот, а затем совмещается со снимком после инъекции, в результате чего наблюдается только сосудистая система.

Этот принцип последовательной субтракции применяется для исследования как артериальной, так и венозной системы. Для исследования подвижных органов, например легких и сердца, применяется специальный вид субтракции (методика «смазанной маски»), когда из-за удлинения времени накопления для «маски» она имеет нередко смазанный вид, либо используется методика ЭКГ-триггирования. Для исследования указанных органов необходимо формировать изображение с высокой частотой (до 50 кадров в секунду), что требует большого объема данных. Для визуализации мелких подвижных объектов (коронарные артерии или проводник для дилататора) создана специальная методика, позволяющая выделять на изображении мелкие детали. Сюда, в частности, относится методика «нерезкой маски», подчеркивающая контуры объекта. В новейшей системе эта методика осуществляется в реальном масштабе времени.

Вычитание при ЦСА осуществляется в масштабе реального времени в процессе записи инъекции контрастного средства. Большой интерес вызывает люминесцентная дигитальная рентгенография, основанная на использовании запоминающего изображения люминесцентного экрана. Во время рентгеновской экспозиции изображение записывается на люминесцентные пластины-наполнители, а затем считывается с нее с помощью гелий-неонового лазера и записывается в цифровой форме. Лучевая нагрузка по сравнению с обычной рентгенографией уменьшается в 10 и более раз. При цифровой люминесцентной рентгенографии (ЦЛР) вместо обычной комбинации «пленка — усиливающий экран» в кассете применяется запоминающая пластина многократного использования. Скрытое изображение считывается лазерным устройством и превращается в цифровой сигнал.

Селеновые детекторы представляют собой также новейшую систему цифровой рентгенографии. Основной частью такого устройства служит детектор в виде барабана, покрытого слоем аморфного селена. Селеновая рентгенография в настоящее время используется только в системах рентгенографии грудной клетки. Характерная для снимков грудной клетки высокая контрастность между легочными полями и областью средостения при цифровой обработке сглаживается, не уменьшая при этом контрастности деталей изображения. Другим преимуществом селенового детектора является высокий коэффициент отношения сигнал/шум. При цифровой селеновой рентгенографии экспонируется покрытый слоем селена барабан. Формирующийся в селеновом слое лучевой рельеф сканируется и трансформируется в цифровой сигнал. Специальный компьютер затем оптимизирует изображение.

Электронная обработка изображения позволяет оптимизировать его качество. Изображение в цифровой форме можно простым и удобным способом анализировать на специальных рабочих станциях обработки изображений.

Возможность переносить на твердую пленочную копию только предварительно отобранные во время просмотра на мониторе изображения имеет определенную экономическую выгоду.

Создание электронных систем обработки и передачи изображений (PACS) — новый шаг к формированию рентгеновских отделений будущего.

Таким образом, преимуществом цифровой рентгенографии перед обычной экранно-пленочной является лучшая видимость незначительных различий по контрастности и значительно большая экспозиционная широта, что уменьшает число бракованных снимков и снижает дозу облучения.

© А.А. Синенко, Ю.В. Кулаков, Е.Б. Абрамочкина, Н.М. Лупач, О.И. Сюсина, Е.М. Файзенгер, Е.Ю. Евдокимова, Л.М. Молдованова, 2011.

УДК 616.2-002.7-07-08

ОПЫТ ВЕДЕНИЯ БОЛЬНОГО С ГРАНУЛЕМАТОЗОМ ВЕГЕНЕРА: ТРУДНОСТИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ

АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ СИНЕНКО, *канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии с курсом фтизиопульмонологии ГОУ ВПО «Владивостокский государственный медицинский университет Росздрава», зав. ревматологическим центром [84232400569, e-mail: ykul@mail.ru]*
ЮРИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ КУЛАКОВ, *докт. мед. наук, профессор, зав. кафедрой госпитальной терапии с курсом фтизиопульмонологии ГОУ ВПО «Владивостокский государственный медицинский университет Росздрава» [84232400569, e-mail: ykul@mail.ru]*
ЕЛЕНА БОРИСОВНА АБРАМОЧКИНА, *зав. ревматологическим отделением*
НАТАЛЬЯ МИХАЙЛОВНА ЛУПАЧ, *врач-ревматолог*
ОЛЬГА ИВАНОВНА СЮСИНА**,** *врач-ревматолог*
ЕЛЕНА МИХАЙЛОВНА ФАЙЗЕНГЕР, *врач-ревматолог*
ЕЛЕНА ЮРЬЕВНА ЕВДОКИМОВА, *канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии с курсом фтизиопульмонологии ГОУ ВПО «Владивостокский государственный медицинский университет Росздрава» [84232400569, e-mail: ykul@mail.ru]*
ЛИЛИЯ МИХАЙЛОВНА МОЛДОВАНОВА, *канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии с курсом фтизиопульмонологии ГОУ ВПО «Владивостокский государственный медицинский университет Росздрава» [84232400569, e-mail: ykul@mail.ru]*

Реферат. Описан случай гранулематоза Вегенера у мужчины 45 лет, представлены трудности диагностики, подбора базисного лечения и антибактериальной терапии.
Ключевые слова*:* описание случая, системный васкулит, гранулематоз Вегенера.