

ФЛЮОРОГРАФЫ в 21 веке или консерватизм против инноваций.

В.В. Уваров

Член исполкома Российской
Ассоциации Радиологов
uvarovvv@me.com

Введение

В России со времен СССР сохранилась система регулярного обследования грудной клетки с помощью рентгеновского излучения в целях борьбы с туберкулезом. Для этого работают около 3700 цифровых флюорографов, и еще около 2500 аппаратов до сих пор используют рулонную фотопленку (в основном шириной 70 мм) [1]. Туберкулез был политической болезнью, ведь им болели все пламенные революционеры, а Белинский так и вовсе от него умер.

Пик развития системы ежегодной поголовной флюорографии в СССР пришелся на конец 70-х / начало 80-х годов 20 века. Чернобыльская катастрофа 1986 года и развал СССР поставили крест на ежегодной флюорографии. Но развал СССР и обнищание населения вызвали рост заболеваемости туберкулезом, что было использовано лоббистами отечественных производителей этого вида техники для выбивания больших бюджетов для восстановления системы флюорографического контроля, и с 1995 г. по сей день, как мы видим из данных, приведенных выше, в России было поставлено 3700 цифровых флюорографов. Пик поставок пришелся на 2005-2007 годы.

Неэффективность использования массового сканирования грудной клетки рентгеновскими аппаратами в целях поиска туберкулеза впервые официально была признана в США еще в 1972 году [2]. В конце 70-х американцы были очень озабочены проблемой дозовой нагрузки при диагностических исследованиях, что постепенно привело к отрицанию любых методик, использующих ионизирующее излучение для массового скрининга населения, кроме маммографии [3].

К 2000 году от скрининга грудной клетки полностью отказались в Европе и Японии.

В текущих рекомендациях Всемирной Организации Здравоохранения по устройству национальных анти-туберкулезных программ нет ни одного слова про рентгеновское излучение при выявлении пациентов больных туберкулезом [4]. Указывается только на роль рентгенографии при слежении за лечением туберкулеза. Бактериологические методы поиска туберкулеза сегодня являются основными [4]. И это понятно – сбор слюны не требует перемещений в пространстве тяжелого оборудования, а также служит решению поставленной задачи – «поиску носителей открытых форм туберкулеза».

Признаем, что флюорографы сыграли большую роль в деле борьбы с туберкулезом и в мире, и в СССР. Но в развитых странах мира они не получили широкого распространения по разным причинам: экономическим, информативным и дозовым.

В конце 60х западные фирмы – производители флюорографов переключились на поставки флюорографов в СССР, Индию и малоразвитые страны Африки и Азии. В 80-е годы 20 века производство флюорографов в развитых странах мира было закрыто. В России производство пленочных флюорографов плавно сошло на нет в 2000-2002, хотя до сих пор есть «любители» как купить, так и продать подобные аппараты. На смену пленочным пришли цифровые флюорографы, поскольку система массового сканирования грудной клетки осталась.

К 2000 году в Европе и США было официально не рекомендовано использовать любые виды скрининговых исследований населения с применением источников ионизирующего излучения, кроме маммографии.

При этом в иностранной литературе постоянно встречаются статьи и отчеты о применении методов рентгенографии при скрининге, например, иммигрантов на предмет наличия туберкулеза [5]. В отчете организации KNCV Tuberculosisfoundation [6] за 2008 год описано применение рентгеновского оборудования в программах скрининга туберкулеза в следующих странах: Вьетнам, Кения, Танзания, Камбоджа, Бангладеш и Эритрея.

ЦИФРОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ

Отметим, что в мире стандартным размером для обзорного снимка легких считается 35x43 см, а с появлением цифровых детекторов - 43x43 см. При этом диагностическим уровнем при диагностике заболеваний легких в мире считается пространственное разрешение 2,5 пары линий/мм.

В 1995-2000 в России началась широкомасштабная кампания по замене пленочных флюорографов на цифровые. При этом «новые цифровые» аппараты снимают ту же область 39x39 см (в лучшем случае 40x40 см), что и их пленочные предшественники. А получают снимок чаще всего с матрицей изображения 1024x1024 пиксела (есть модели с большей матрицей изображения, но об этом ниже). То есть самые дешевые модели цифровых флюорографов имеют пространственное разрешение 1,3 пары линий на мм или чуть меньше. При этом мы говорим о теоретически предельных значениях, о так называемой частоте Найквиста, которая в реальных условиях недостижима.

Поясним: цифровое изображение измеряют в пикселах, в нашем случае мы говорим о матрице изображения 1024x1024 пиксела. То есть вся область исследования (к примеру, 390x390 мм) превращается в 1024x1024 точки (пиксела). Две точки – это одна пара линий (линия и пробел до следующей линии). То есть 1024 точки могут в лучшем случае создать $1024/2=512$ пар линий. Эти линии распределены по всей поверхности изображения 390x390 мм. То есть, в лучшем случае, мы сможем наблюдать $512 \text{ линий}/390 \text{ мм} = 1,31$ пару линий на мм.

Более того в случаях, когда для получения изображения используется метод оптического переноса изображения со светящегося экрана на ПЗС-матрицу видеокамеры, следует уменьшать эти предельные значения примерно на 30%.

Для диагностики легких рекомендуется пространственное разрешение 2,5 п.л./мм [7], что теоретически достижимо на поле 40x40 см с матрицей 2048x2048 пикселей.

Увеличение размера ПЗС-матрицы до 2048x2048 пикселей (и более) не проходит бесследно с точки зрения дозовой нагрузки, которая должна возрасти для достижения тех же параметров по контрастной чувствительности, что были достигнуты с матрицей изображения 1024x1024 пиксела. Возрастают требования к оптике, так как при оптическом переносе невозможно избежать дисторсии (геометрического искажения изображения), что становится заметно на такой большой матрице. Математическое восстановление изображения может сделать картинку более приятной глазу, но восстановить потерянную информацию по разрешению невозможно.

Возрастает и стоимость самого аппарата до величин, которые уже позволяют задуматься о приобретении аппарата с плоскпанельным цифровым рентгеновским детектором или системы компьютерной радиографии.

В любом случае, покупать специализированный аппарат для исследования только грудной клетки достаточно накладно для ЛПУ общей специализации и это является темой нашей статьи.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФЛЮОРОГРАФИИ

Экономическая целесообразность флюорографии в СССР объяснялась дешевизной одного снимка 70x70 мм – примерно 3 рубля по сравнению с обзорным снимком легких – 30x40 см примерно в 30 рублей (для сегодняшнего уровня цен). Но сегодня экономия на одном снимке 27 рублей не сравнима с расходами по созданию специального кабинета, с введением специальных ставок врачей и расходами на покупку и обслуживание отдельного рентгеновского аппарата в течение 10 лет.

Как показывают статистические данные, 80% парка флюорографов работают с загрузкой 5000-10000 снимков в год на аппарат.[7]

При таких нагрузках покупка цифрового флюорографа за 2,5-3 миллиона рублей экономически не оправдана. Достаточно оснастить существующий рентгеновский кабинет проявочной машиной за 150-200 тысяч рублей и вместо флюорографии выполнять обзорный снимок легкого на стойке снимков существующего стационарного рентгеновского аппарата. Это потребует некоторых административных решений, а также позволит высвободить помещение и ставку рентгенолога кабинета флюорографии.

У такого решения есть несколько недостатков по сравнению с покупкой цифрового флюорографа: во-первых, результатом является хоть и высоко информативный, но аналоговый снимок (пленка); во-вторых, врачу приходится устанавливать и вынимать кассету с пленкой; в-третьих, возрастает нагрузка на стационарный аппарат и нужно уметь управлять очередью пациентов. Это сложно, особенно когда согласно сложившейся практики после 14.00 врачи расходятся по домам.

Стоимость нового цифрового флюорографа сравнима (а иногда превышает) стоимость системы компьютерной радиографии, которая считается во всем мире простейшим способом перехода от аналогового способа получения рентгеновского изображения (пленка) к цифровому. При этом мы продолжаем говорить об использовании существующего рентгеновского стационарного аппарата вместо флюорографа. То есть мы настаиваем на перенаправлении пациентов, направляемых на флюорографию в общую очередь рентгеновского кабинета.

При загрузке кабинета флюорографии в 5000 – 10000 исследований в год его существование не имеет никакого экономического и диагностического смысла. В этом случае мы рекомендуем перевести флюорографические исследования на стойку снимков стационарного рентгеновского аппарата. Для получения цифровых снимков грудной клетки мы предлагаем рассмотреть поставку системы компьютерной радиографии.

КОМПЬЮТЕРНАЯ РАДИОГРАФИЯ (CR система)

Появление системы компьютерной радиографии (CR систем) в ЛПУ не изменяет принцип работы рентгенолаборанта. Используется тот же рентгеновский аппарат, только вместо кассет с рентгеновской пленкой используются кассеты с запоминающим люминофором. После экспозиции кассета устанавливается в специальный сканер (дигитайзер, оцифровщик), который считывает скрытое изображение (лазером) и очищает кассету для следующей экспозиции. Кассета служит десятки тысяч раз и легко заменяется на новую через несколько лет работы. Стоимость замены 500-1000 долларов.

При этом CR система обеспечивает получение цифрового изображения размером до 35x43 см с пространственным разрешением 3,1/3,5 пары линий/мм.

Лидерами мирового рынка CR систем являются: ФУДЖИ, АГФА, Кеарстрим (КОДАК Хеалс) и КОНИКА.

При поставке CR системы следует предусмотреть и поставку медицинского принтера, так как **печать на обычном офисном принтере не имеет диагностического значения**. При этом мы наблюдаем резкое сокращение запросов на получение твердой копии (пленки из принтера), поскольку удобнее работать с изображением на экране монитора.

Простейшим решением для флюорографии является:

Система компьютерной радиографии CR 30-X

Однокассетная, настольная система CR 30-X – самая компактная в линейке фирмы АГФА. Кассеты для считывания устанавливаются горизонтально в приемный лоток оцифровщика. Высокое пространственное разрешение доступно для всех форматов кассет – 10 пикселей/мм (5 пар линий/мм).

CR 30-X - идеальное решение для клиники с небольшим количеством рентгеновских кабинетов. Сканер CR 30-X предназначен для работы в области общей медицинской радиологии и для дентальных приложений.



При большей загрузке (более 10 000 пациентов в год) можно рассмотреть вариант поставки более мощной системы: **Система компьютерной радиографии CR 85-X**

CR 85-X – это многопользовательская система компьютерной радиографии с уникальным буфером сбора кассет – «поставил-и-иди» вместимостью 10 кассет, который существенно увеличивает производительность системы. Скорость обработки кассет составляет 112 в час для формата 18x24 см.

При использовании CR 85-X Вы можете выбрать один из трех режимов сканирования с пространственным разрешением 50-100-150 мкм (или 10 п.л./мм, 5 п.л./мм, 3,3 п.л./мм).

Все форматы кассет могут быть сканированы с пространственным разрешением 5 п.л./мм, а для работы в режиме высокого разрешения (10 п.л./мм) требуется заказать специальные кассеты.

Считыванием изображения с дигитайзера управляет рабочая станция рентгенолаборанта NX, в базе данных которой сохраняется полученный цифровой снимок, прошедший компьютерную предобработку для улучшения качества изображения.

Рабочая станция рентгенолаборанта NX



Рабочая станция рентгенолаборанта – NX реализована на компьютере Dell Optiplex и оснащена 17” (или 19”) сенсорным ЖК монитором фирмы BARCO.

На станции выполняется идентификация кассет и предпросмотр изображений. Программное обеспечение MUSICA выполняет полный цикл предобработки изображения, а также позволяет корректировать снимок в режиме пост-процессинга с нанесением текстово-символьной информации и выполнением измерений.



Для получения твердых копий мы рекомендуем DICOM принтер, например:

Медицинский принтер DRYSTAR™ 5302

Небольшой размер принтера позволяет расположить его в любом удобном для работы месте. Загрузка пленки выполняется при дневном свете (причем пленка сама не чувствительная к свету, то есть ее можно устанавливать по одному листу).

Но главным преимуществом принтера являются два лотка – для одновременной установки пленки разных форматов (из пяти возможных).

Внедрение цифровых методов рентгенографии обычно вызывает увеличение количества обследований на 30-50% и уменьшение требований получения твердой копии на 90%. Но для этого все врачи, использующие цифровые рентгеновские снимки должны получить к ним доступ. То есть у каждого врача должна быть своя рабочая станция с подключением к общему серверу-хранилищу снимков.

Компания АГФА славится своими рабочими станциями по обработке изображения, которые пока не находят широкого спроса в России по причине своей дороговизны. Мы рекомендуем следующее решение на базе компьютера iMac 27 фирмы Apple и программного обеспечения OsiriX.



Рабочая станция рентгенолога

Рабочая станция реализована на компьютере моноблочного типа iMac 27” с процессором Intel Core 2 Duo 2.4GHz. Дисплей с отношением 16:9 и диагональю 27 дюймов позволяет разместить рядом несколько рентгеновских изображений для сравнения. Матрица изображения 2560 x 1440 пикселей – 3,7 Мпиксела. Новая IPS технология подсветки дисплея создает исключительно широкий угол обзора. Это лучшая модификация персонального компьютера, которая представлена на рынке.

Технические параметры: Процессор Intel Core 2 Duo 2.4 ГГц, 4 Мб L2 кэш, 1x1 Гб RAM, 320 Гб HD, Видео ATI Radeon HD 2600 PRO с 256 Мб; клавиатура и сенсорная мышь.

Программное обеспечение OsiriX имеет русский интерфейс и полный набор DICOM функций и позволяет:

Получать, систематизировать от любых DICOM устройств и хранить DICOM файлы в собственной Базе Данных;

Выполнять профессиональную обработку и визуализацию медицинских изображений;



Выполнять допечатную обработку и многокадровую печать медицинских изображений;

Если загрузка кабинета флюорографии превышает 10 000 исследований в год, то имеет смысл приобрести специализированный аппарат. Для этих целей больше всего подходит аппарат типа БРС (базовая радиографическая система - два рабочих места в одном):

Аппарат для рентгенографии типа базовая рентгенографическая система (брс).

Эти системы долгое время не рассматривались в России, как достойная замена аппарату на два рабочих места. Не было причин для экономии (всем выдавали РУМ20), а аппарат РУТА завода МОСРЕНТГЕН вызывал, что называется, «леденящий душу восторг».

Первыми преимущества этой системы оценили частные врачи в Европе. В общем, на таком аппарате можно выполнять все виды рентгенографических исследований, кроме линейной томографии. Он занимает мало места и чрезвычайно прост в управлении.

Появление CR систем, а потом и больших цифровых плоскочувствительных детекторов вызвало ажиотажный спрос на штативы БРС типа. При выборе штатива в данном случае следует обратить внимание на форму штанги, соединяющей кассетоприемник и рентгеновскую трубку. Прямые штанги не позволяют выполнить латеропроекцию (среднее фото – только там где расположено колено пациента надо себе представить его грудную клетку в положении - на боку), что важно при диагностике легких.

Аналоговый аппарат РЭЙМАТ (RAYMAT), Швейцария (изображен на фото) по цене сопоставим с флюорографом. Для его оцифровки можно использовать систему компьютерной радиологии (см. выше), либо можно заказать этот аппарат оснащенный плоскочувствительным цифровым детектором и цифровой системой:

Цифровая система прямой рентгенографии AS1-D

Цифровая система использует плоскочувствительный детектор фирмы Кэнон размером 35x43 см. Удобная конструкция карусели, в которой расположена панель, позволяет легко ее поворачивать из панорамного в портретное положение.

Цифровые снимки можно получать раз в шесть секунд. Размер матрицы изображения 2 208 x 2688 пикселей. Диапазон шкалы серого 12 бит - 4096



Спецификация плоскочувствительного детектора

Назначение	Общая радиография
Метод	Плоская панель: скантillator из аморфного кремния (a-Si)
Скантillator	GOS (Gd ₂ O ₃ :Tb)
Размер пикселя	160 × 160 микрон
Разрешение	2208 × 2688 пикселей (5.9 миллиона пикселей)
Глубина оцифровки сигнала	12-бит
Время доступа предварительного просмотра	Приблизительно 3-5 секунд после рентгеновской экспозиции
Интерфейс	DICOM 3.0, Ethernet 10/100 Base T
DICOM	DICOM 3.0, Print Management Service Class (SCU), Storage Service Class (SCU), и другие
Габариты	Детектор (Ш×Д×В): 491×477×23 мм
Масса	4.8 кг



Рабочая станция рентгенолаборанта:

Для работы с цифровой панелью поставляется компьютер (управляющая станция) со специальным программным обеспечением, которое позволяет выполнять основные манипуляции с изображением. Программное обеспечение полностью DICOM совместимо, что позволяет подключать управляющую станцию к любым внешним DICOM системам.

На схеме приведены возможные варианты подключения управляющей станции.

Станция врача-рентгенолога уже описана выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Покупка флюорографа сегодня – это свидетельство нежелания заниматься инновациями. Для такой покупки нет ни экономических, ни диагностических обоснований. Флюорография сегодня – это не просто консерватизм, это нежелание следовать рекомендациям Всемирной Организации Здравоохранения в такой критической области как борьба с туберкулезом. А Россия между прочим является активным участником ВОЗ и исправно подписывает обязательства следовать их рекомендациям.

Если Ваш пленочный (или цифровой) флюорограф окончательно сломался – у Вас появился шанс получить универсальный цифровой кабинет для рентгенографии, в котором можно проводить в том числе и профилактические осмотры легких.

Давайте вернем исследование грудной клетки в кабинет рентгенодиагностики.



Библиография:

1. Федеральное Государственное Статистическое Наблюдение. Форма 30 за 2008 год
2. <http://www.in.gov/isdh/19684.htm> (поиск в Google по «repeat chest x-rays»)
3. Polk «No More Mass X-Ray Screening for Tuberculosis», Clin Pediatr (Phila).1976; 15: 983-985
4. http://www.who.int/tb/publications/2008/who_htm_tb_2008_401_eng.pdf
5. Antonela Silvan, Jean-Paul Janssens, Active screening for pulmonary tuberculosis by chest X-ray among immigrants at the Swiss border, SWISS MED WKLY 2008; 138 (23-24): 355-356
6. KNCV Tuberculosis foundation, Working Document on Chest X-ray equipment for use in TB prevalence survey. September 2008
7. Статистический отчет по Рязанской области за 2005 год.