

## Что интересует рентгенолога в цифровой флюорографии?

А.Н. Гуржиев

ЗАО “Рентгенпром”

Фирма “Рентгенпром” производит и поставляет широкий спектр флюорографического оборудования во всевозможных модификациях. Ответы на часто задаваемые вопросы, приведенные ниже, помогут желающим разобраться в современных цифровых флюорографических системах.

**Вопрос:** *Какая основная цель перехода от флюорографических аппаратов, использующих пленку, к флюорографам, работающим с цифровым рентгеновским изображением?*

**Ответ:** Во-первых, цифровые методы позволяют проводить исследования при существенно меньшей лучевой нагрузке на пациента (в 10 раз меньше, чем при исследовании на пленочном флюорографе 12Ф9 с КФ-400), чего невозможно достигнуть на пленочных флюорографах. Во-вторых, статистика говорит, что до 15% снимков, сделанных на пленочных аппаратах, бракуются. Но об этом становится известно не сразу, а лишь после проявления пленки. Флюорограмма на цифровом аппарате появляется сразу после выполнения снимка, что позволяет свести к нулю появление неинформативных снимков. В-третьих, флюорограмма может быть подвергнута на компьютере обработке специальными фильтрами, что повышает ее диагностическое качество. В-четвертых, современные системы ввода, обработки и хранения полученной информации позволяют существенно повысить эффективность работы флюорографического кабинета.

**Вопрос:** *Чем принципиально различаются цифровые флюорографические системы?*

**Ответ:** Основное их различие заключено в детекторах рентгеновского излучения, применяемых в аппаратах. Если размер детектора соизмерим с площадью легких пациента, то такие флюорографы, вне зависимости от типа детекторов, обычно имеют хорошие характеристики, но обладают одним существенным недостатком — крайне высокой ценой (несколько сотен тысяч долларов). Минимизировать затраты на детектор возможно, резко уменьшив его размер.

Например, взять детектор размером 20 · 20 мм и с помощью системы линз (объектива) уменьшить реальное изображение легких, полученное на переизлучающем экране (400 · 400 мм), до размера детектора. К достоинствам таких систем можно отнести малое время экспозиции (сотые доли секунды). Однако при этом из-за потерь на переизлучающем экране и системе линз не удастся существенно снизить дозу облучения пациента (в лучшем случае в несколько раз, а при детекторе с количеством элементов около 2000 · 2000 доза может оказаться больше, чем на пленочном аппарате). Поэтому термин “малодозовые” не вполне подходит для таких систем. Кроме того, пространственное разрешение зависит от качества оптики и переизлучающего экрана. То же относится и к контрастной чувствительности, которая ухудшается из-за рассеянного в пациенте излучения. Для того чтобы улучшить эту характеристику, можно использовать отсеивающий растр, но это приводит к дополнительному увеличению дозы.

Можно уменьшить детектор только в одном измерении. Получится линейный детектор размером около 400 мм, перемещая который вдоль пациента одновременно с веерообразным рентгеновским пучком, можно “просмотреть” площадь 400 · 400 мм. Такие системы называют сканирующими. Детектором может быть газовая линейка, кремниевая линейка и др. Основной недостаток таких систем — существенно большее время экспозиции, чем в предыдущих системах (несколько секунд). Но остальные характеристики обычно лучше. Благодаря отсутствию оптической системы и раstra появляется возможность существенно снизить дозу (до десяти раз). Из-за отсутствия рассеянного излучения появляется возможность достигнуть большей контрастной чувствительности, что является определяющим фактором при исследовании легких. Учитывая большие размеры линейки, проще получить более высокое пространственное разрешение. Сравнивая газовую и твердотельную линейки, можно отметить, что к недостаткам газовой линейки можно отнести не-

**Таблица**

Вид оборудования	Стоимость оборудования, \$	Расходные материалы на год (30000 снимков)	Стоимость расходных материалов на год, \$
12Ф9 с КФ-400/70 с проявочным комплексом	33000 + 1000	Пленка – 75 коробок (30,5 м). Проявитель – 7 упаковок. Фиксаж – 8 упаковок. Восстановитель – 7 упаковок. Затраты на фотолабораторию, включая зарплату лаборанта.	2145 20 30 8 2500
12Ф9 с КФ-400/100 с проявочным комплексом	37000 + 1000	Пленка – 75 коробок (45 м). Проявитель – 14 упаковок. Фиксаж – 17 упаковок. Восстановитель – 14 упаковок. Затраты на фотолабораторию, включая зарплату лаборанта.	4290 45 60 15 2500
Цифровой флюорограф	65000	Бумага для отчетов. Картридж. Диски – 60 шт. Термобумага.	10 10 600 200

обходимость периодической калибровки и высокое давление газа в линейке (до 13 атм).

**Вопрос:** Действительно ли покупка цифрового флюорографа быстро окупается?

**Ответ:** Это зависит от стоимости цифрового флюорографа и количества обследований на флюорографе за год. Допустим, что в поликлинике ежегодно проводится 30000 флюорографических обследований, и рентгенолог выбирает из трех вариантов:

1) пленочный флюорограф 12Ф9 с КФ-400 (70 мм) (33000\$) и ручной проявочный комплекс (1000\$);

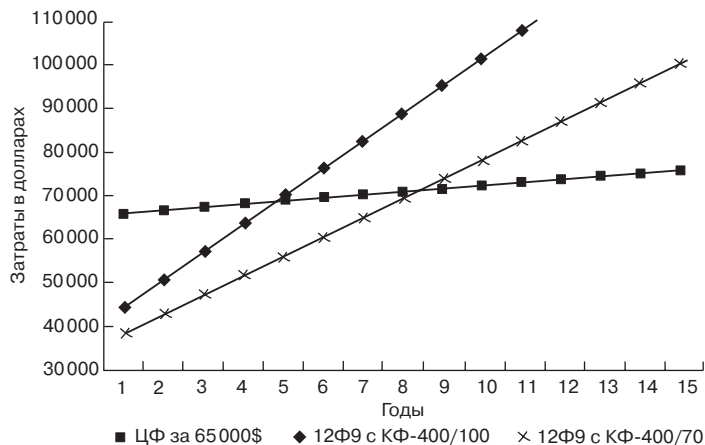
2) пленочный флюорограф 12Ф9 с КФ-400 (100 мм) (37000\$) и ручной проявочный комплекс (1000\$);

3) цифровой флюорограф за 65000\$.

При этом считаем, что поликлиника покупает пленку “Примакс” или “Ретина” и использует химикаты российского производства.

Нужно заметить, что у цифровых флюорографов тоже есть расходные материалы. Это диски для хранения архива снимков, термобумага, бумага для принтера и картриджи.

Из таблицы и рисунка видно, что затраты на пленочный флюорограф 12Ф9 с пленкой 100 мм через 5 лет работы превысят затраты на цифровой аппарат (по цене 65000\$), и эксплуатация цифрового аппарата станет дешевле, чем пленочного. Через 8 лет эксплуатации затраты на пленочный флюорограф с 70-миллиметровой пленкой также сравняются с общими затратами на цифровой флюорограф.



**Рисунок.**

Таким образом, покупка цифрового флюорографа стоимостью 65 000\$ экономически выгодней, чем покупка любого пленочного аппарата. За 10 лет работы на этом цифровом аппарате вы потратите на 5500\$ меньше, чем на пленочном с 70-миллиметровой пленкой, и на 28 000\$ меньше, чем на пленочном со 100-миллиметровой пленкой.

**Вопрос:** Не ухудшается ли качество снимка в сканирующем флюорографе из-за достаточно большого времени экспозиции?

**Ответ:** В сканирующих аппаратах за несколько секунд (до 5) происходит формирование изображения, состоящего более чем из 1000 строк. Таким образом, получение информации с одной строки происходит максимум за 0,005 с, что даже меньше времени формирования изображения в цифровых флюорографах с ПЗС (прибор с зарядовой связью).

**Вопрос:** Каковы различия между сканирующими флюорографами и флюорографами с ПЗС?

**Ответ:** Чтобы ответить на этот вопрос, давайте рассмотрим поэтапно процесс выполнения снимка на флюорографе с цифровой камерой на матрице ПЗС и сравним его с тем же на сканирующем аппарате с линейным кремниевым детектором.

Часть рентгеновского излучения, проходящего через пациента, рассеивается с изменением первоначального направления и формирует на переизлучающем экране ложное изображение. Чтобы избавиться от него, в цифровых камерах (так же, как и в пленочных) устанавливаются растр, который не устраняет полностью это явление, а лишь ослабляет. В результате ухудшается контрастность снимка — наиболее важная характеристика флюорографического изображения.

*В сканирующем аппарате рассеянное излучение не может ухудшить изображение, поскольку проходит мимо линейки детекторов и не регистрируется.*

Экран преобразовывает рентгеновское излучение в световое в самом лучшем случае с эффективностью 40%. Свет собирается объективом примерно из 10 линз, на которых также теряется свет и добавляются геометрические искажения. Только после этого оставшийся свет попадает на ПЗС-матрицу и формирует изображение.

В сканирующем аппарате линейка кремниевых детекторов является первым и последним элементом всей цепочки, описанной выше,

поэтому доза рентгеновского излучения, необходимого для формирования изображения на сканирующих аппаратах, примерно в 5–10 раз ниже. Для сравнения, на наших аппаратах ПроСкан-2000 с линейкой кремниевых детекторов и АПЦФ-01 с цифровой камерой на ПЗС-матрице дозы в плоскости приемника могут составлять 150 и 700 мкР соответственно.

*Таким образом, пациент при выполнении снимка на сканирующих системах получает существенно меньшую дозу рентгеновского излучения, чем на аппарате с ПЗС, и флюорограмма обладает лучшими характеристиками.*

**Вопрос:** Рекомендовано разрешение для флюорографов 1,4–1,6 пар линий/мм. Каковы преимущества и недостатки у флюорографов с более высоким разрешением?

**Ответ:** Качество изображения определяется многими параметрами. В число наиболее важных характеристик входит пространственное разрешение. Чем выше разрешение системы, тем выше ее диагностические возможности. Для флюорографии рекомендуется пространственное разрешение 1,4–1,6 пар линий/мм. Что является сдерживающим фактором в стремлении к увеличению пространственного разрешения? Детектор, линейный или с ПЗС, состоит из большого числа регистрирующих элементов. За время снимка каждый элемент формирует сигнал. Для уменьшения радиационной нагрузки на пациента выбирают такие режимы облучения, при которых пациент получает минимально возможную дозу, и при этом сигнал в ячейках еще достаточен для того, чтобы считать его истинным. Если мы хотим улучшить разрешение и увеличиваем количество элементов детектора с  $1000 \cdot 1000$  до  $2000 \cdot 2000$ , то тем самым увеличиваем количество элементов в 4 раза. При этом мы обязаны в каждом элементе получить этот истинный сигнал, и при этом суммарная доза увеличивается в 4 раза.

Таким образом, за желание получить более высокое пространственное разрешение приходится платить прежде всего существенно большей дозой, получаемой пациентом за снимок. В приведенном для примера случае — в 4 раза.

Увеличение элементов с  $1000 \cdot 1000$  до  $2000 \cdot 2000$  увеличивает также и стоимость камеры примерно в 3 раза. Кроме того, в 4 раза увеличивается и объем файла с изображением. Это означает, что для хранения того же количества снимков потребуются в 4 раза больше

места на дисках, и, соответственно, расходы на них будут больше в 4 раза.

Как показывает многолетний опыт эксплуатации цифровых флюорографических систем, диагностическая ценность флюорограммы с разрешением 1,4–1,6 пар линий/мм вполне достаточна.

*Не нужно также забывать, что флюорограф – это аппарат для массового скринингового обследования, а не для диагностических исследований, и задача производителя – сделать его максимально дешевым, надежным, обеспечить высокую достоверность предварительного диагноза и минимизировать дозу на одно исследование.*

**Вопрос:** *Какие требования предъявляются к компьютерам для цифровых флюорографов?*

**Ответ:** Никаких особых требований нет. Нужно лишь учитывать, что их технические возможности непрерывно улучшаются и предыдущие поколения компьютеров быстро устаревают морально.

*Поэтому аппараты должны комплектоваться компьютерами последнего поколения с наилучшими параметрами на данный момент времени: с максимально возможной частотой процессора, большой оперативной памятью, объемом жестких дисков и т.д.*

**Вопрос:** *Каким должен быть монитор, поставляемый с цифровым флюорографом?*

**Ответ:** Для рентгенолога монитор – это самый важный прибор, потому что именно глядя на его экран, он ставит диагноз. Флюорограмма, выводимая на экран монитора, имеет 256 оттенков серого цвета. Реально такую гамму имеют только профессиональные графические мониторы. Обычные мониторы имеют примесь других цветов в сером, что ухудшает контраст изображения, т.е. качество флюорограммы. Монитор является конечным звеном всей цепочки устройств, формирующих изображение, и чем лучше характеристики этих устройств, тем большие требования должны предъявляться к монитору.

*Автоматические рабочие места рентгенолога и лаборанта должны быть укомплектованы профессиональными графическими мониторами.*

**Вопрос:** *Какими принтерами нужно укомплектовывать флюорографы?*

**Ответ:** Рентгенолог анализирует в основном экранное изображение, но в некоторых случаях возникает необходимость иметь его так называемую твердую копию на бумаге или пленке.

Приемлемое по качеству изображение (сопоставимое с изображением на экране профессионального графического монитора) дают термопринтеры. На сегодняшний день широко применяются термопринтеры с шириной печати 110 мм в связи с их приемлемой ценой. Возможна комплектация термопринтером с шириной печати 210 мм, но его высокая стоимость и стоимость термобумаги ставит под сомнение целесообразность использования его в оборудовании для массовых обследований. Кроме того, необходимо комплектовать аппарат лазерным принтером для печати периодических отчетов. Хороший офисный лазерный принтер стоит раза в два дороже, чем струйный, но для врачей он более выгоден, поскольку в процессе эксплуатации они будут существенно экономить на расходных материалах: картриджи (порошок для печати) для лазерных принтеров значительно дешевле, и реже требуется их замена.

*Таким образом, для эффективной работы флюорограф целесообразно укомплектовать термопринтером и лазерным принтером.*

**Вопрос:** *Что такое “стандарт DICOM”?*

**Ответ:** Кроме графического изображения со снимком сохраняется много дополнительной информации: параметры аппарата во время снимка, информация о пациенте, заключения врачей и многое другое. Для того чтобы можно было сохраненный в одном месте снимок посмотреть в другом месте и в другой программе, используют определенные стандарты записи информации. Один из наиболее известных и интенсивно развивающихся стандартов записи такой информации – DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), в переводе аббревиатура означает “цифровые изображения и коммуникации в медицине”.

*“Формат изображения”, т.е. форма записи информации, должен соответствовать этому общепринятому стандарту – DICOM. Использование такого единого стандарта позволяет проводить исследования на оборудовании разных производителей с возможностью обмена информацией.*

**Вопрос:** *Как хранятся цифровые снимки?*

**Ответ:** Размер одной цифровой флюорограммы – около 1 Мб. Самые большие жесткие диски имеют сейчас объем 80 Гб, т.е. на одном диске можно хранить только 80 000 снимков. Для некоторых ЛПУ такого диска доста-

точно примерно на 2 года работы, после чего он будет полностью заполнен. В случае поломки такого диска будет потеряна вся накопленная на нем информация. Поэтому разумно сохранять снимки небольшими порциями на дисках емкостью около 0,5 Гб (около 500 снимков). Можно хранить снимки на компакт-дисках или на магнитооптических дисках (МОД).

По нескольким причинам хранить базу снимков лучше на магнитооптических дисках:

1) выход из строя одного диска приведет к потере 500 снимков, а не всей базы данных;

2) вероятность потери информации на МОД минимальна по сравнению с жестким диском и компакт-диском;

3) запись информации на МОД существенно проще, чем на компакт-диск.

Автор благодарит проф. Н.Н. Блинова за ценные замечания, сделанные по статье.

### Рекомендуемая литература

Основы рентгенодиагностической техники / Под ред. Блинова Н.Н. М.: Медицина, 2002.

Белова И.Б., Китаев В.М. Малодозовая цифровая рентгенография в профилактических обследованиях населения // Радиология – практика. 2001. № 2. С. 22–26.

Рентгеновские диагностические аппараты / Под ред. Блинова Н.Н., Леонова Б.И. М.: ВНИИИМТ, 2001. Т. 2.

## Подписка

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА НА КНИГУ

**“Ультразвуковая диагностика (практическое руководство).**

**Общая ультразвуковая диагностика”**

*под редакцией В.В. Митькова*

Коллектив авторов хорошо известного вам “Клинического руководства по ультразвуковой диагностике” и Издательский дом Видар-М осуществляют проект издания новой серии фундаментальных учебных и справочных пособий, первым из которых является книга “Ультразвуковая диагностика (практическое руководство). Общая ультразвуковая диагностика”. Для того чтобы читатели получили максимально полное представление о масштабе планируемого издания, приводим краткое содержание: физика ультразвука, ультразвуковые исследования печени, желчевыводящей системы, поджелудочной железы, пищевода, желудка, кишечника, селезенки, почек, надпочечников, мочевого пузыря, предстательной железы и семенных пузырьков, органов мошонки, лимфатической системы, молочных желез, щитовидной железы, легких и плевры, внеорганных забрюшинных опухолей, слюнных желез, околощитовидных желез. К главным достоинствам существующего варианта “Клинического руководства по ультразвуковой диагностике” справедливо относят большое количество иллюстраций. В новое издание предполагается включить еще большее количество иллюстраций, в том числе много цветных, чтобы передать нашим коллегам тот огромный практический опыт, накопленный коллективом авторов за годы, прошедшие с момента выхода 1-го тома. Предполагается снабдить книгу развернутым предметным указателем.

Выход книги намечен в 2003 г. Книга имеет большой объем (примерно 800 страниц), с большим количеством высококачественных цветных и черно-белых иллюстраций. В момент выхода в свет ее цена может быть довольно высокой, но мы уверены, что ее захотят приобрести как начинающие, так и опытные специалисты. Для того чтобы облегчить приобретение этой книги, Издательский дом Видар-М осуществляет на нее подписку.