AGFA
RADIOLOGX
SOLUTIONS

Диагностическая печать в цифровую эру

Технический обзор для медицинских специалистов с разъяснением требований к диагностическим документальным копиям

Технический обзор

AGFA

Содержание

Введение: актуальность распечатанных медицинских снимков	3
Технологии печати: диагностическое качество в сравнении с качеством для ознакомления	4
Требования к печати диагностических изображений	6
Визуальная система и DICOM	9
Важность протоколов DICOM для печати медицинских снимков	11
Сертифицированные медицинские принтеры: факторы, влияющие на диагностическое качество	13
Заключение	15

AGFA
RADIOLOGY
SOLUTIONS

Введение: актуальность распечатанных оригиналов медицинских снимков

Внедрение информационных систем PACS и цифровых медицинских карт пациентов не устранило потребности в использовании распечатанных медицинских снимков во многих регионах мира, особенно там, где происходит расширение парка оборудования и спектра модальностей для визуальной диагностики.

Очевидные причины необходимости в распечатанных медицинских снимках таковы:

Диагностика: Распечатанные на пленке медицинские снимки во многих ситуациях являются основой для постановки диагноза врачом. Эта ситуация сохраняется, даже когда записи доступны в цифровом формате. Более того, если используются мониторы не диагностического качества, то для постановки диагноза по изображению требуются распечатанные диагностическиеснимки.

Обмен информацией с другими медицинскими специалистами: Еще не везде имеется (сложная) инфраструктура, необходимая для безопасного и надежного обмена цифровыми изображениями. Кроме того, врачи, работающие в такой среде, особенно те, кто просматривает изображения лишь время от времени, часто чувствуют себя более уверенно при использовании диагностических документальных копий.

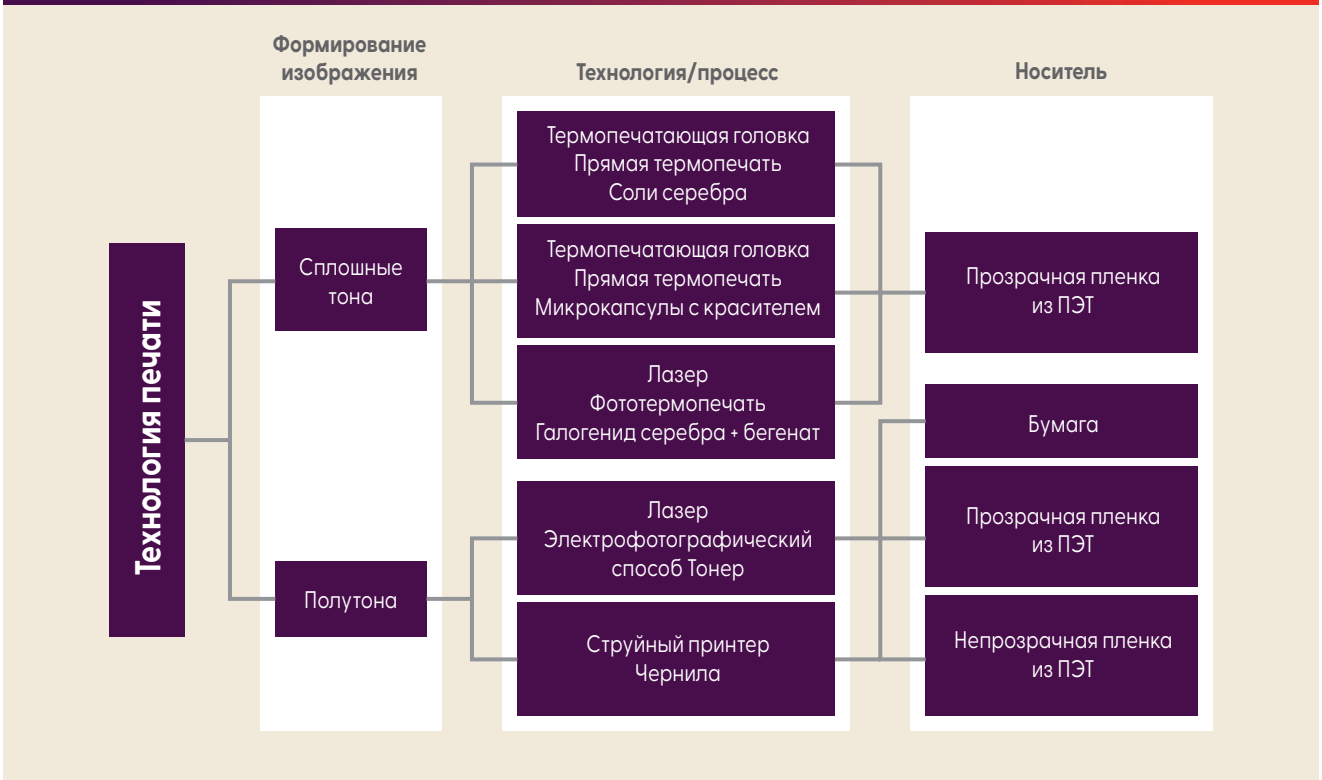
Пациент: Распечатанный диагностический снимок может быть простым и надежным способом передачи диагностического изображения пациенту, который может сохранить его и воспользоваться им во время консультации у другого врача и т.п.

Несмотря на то, что существует множество технологий печати медицинских изображений, не все они гарантируют диагностическое качество. Разница в физических свойствах различных печатных носителей также делает некоторые из них непригодными для использования в диагностике. Например, некоторые носители нестабильны: их сохранность в архивах и их стабильность с течением времени для обеспечения диагностического качества не может быть гарантирована.

Технологии печати: диагностическое качество в сравнении с качеством для ознакомления

Ниже описаны основные технологии печати, используемые для вывода медицинских изображений, как для визуальной диагностики, так и для ознакомительного просмотра:

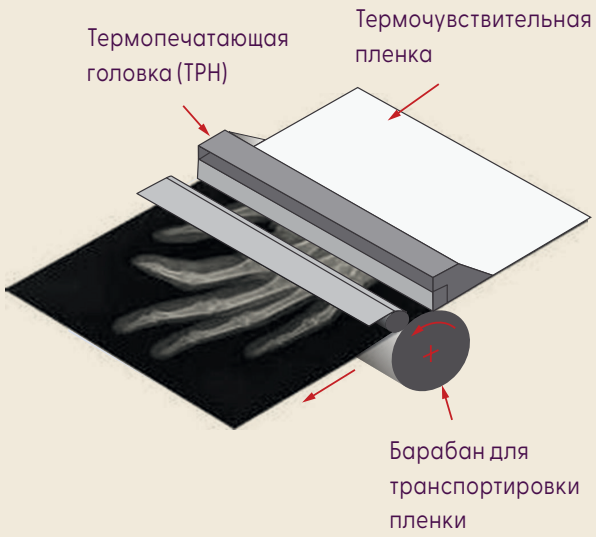
РИСУНОК 1
Обзор наиболее подходящих технологий печати для получения медицинских диагностических изображений



Термография: технология вывода изображений, основанная на термической модуляции и проявлении изображения, формируемого с применением солей серебра. В данном процессе используется полимерный слой, содержащий светочувствительную органическую соль серебра, восстановитель и стабилизатор, нанесенный на полиэфирную подложку. Восстановление органической соли серебра с помощью специального реагента, ускоренное при нагревании (100°C – 200°C), приводит к появлению изображения из металлического серебра, а управление плотностью осуществляется регулировкой температуры элементов печатающей головки. Устойчивость серебряного изображения в нормальных условиях хранения обеспечивается стабилизацией неиспользованного остатка соли серебра. Эта технология используется в серии продуктов DRYSTAR компании Agfa.

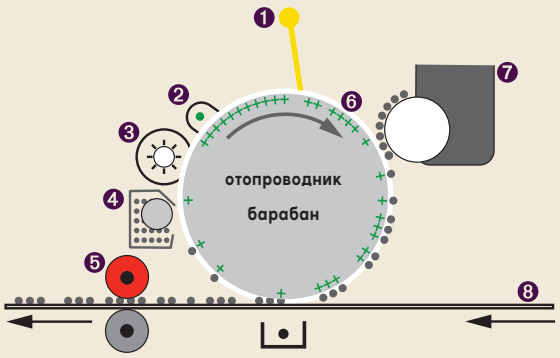
Фототермография: технология вывода изображений, основанная на термическом проявлении индуцированного светом скрытого изображения в диспергированных солях серебра. В этом процессе задействуется полимерный слой, содержащий светочувствительные кристаллы галогенида серебра, не чувствительные к свету кристаллиты бегената серебра, серебряные мыла и восстановитель, нанесенные на полиэфирную подложку. Скрытое изображение, формируемое под действием света на кристаллах галогенида серебра, катализирует реакцию окисления-восстановления между бегенатом серебра и восстановителем при нагревании выше 120°C. При этом в ходе физического проявления получается изображение из металлического серебра.

ТЕРМОГРАФИЯ



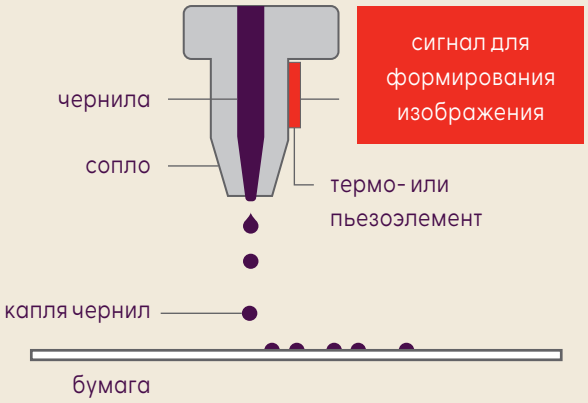
ФОТОТЕРМОГРАФИЯ

ЭЛЕКТРОФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ПЕЧАТЬ



1. лазер
2. зарядка барабана коронарным разрядом
3. снятие остаточного заряда
4. удаление остатков тонера
5. узел термозакрепления
6. скрытое изображение
7. блок проявки с тонером
8. бумага

СТРУЙНАЯ ПЕЧАТЬ (МОКРОЕ РАСПЫЛЕНИЕ/КАПЛИ)



Микрокапсулы: технология формирования изображения в которой термочувствительные микрокапсулы, содержащие предшественники красителя, термически активируются для визуализации проявленного изображения. Эти микрокапсулы диспергированы вместе с проявляющей эмульсией на полиэфирной подложке. С применением компьютерно- модулированного нагрева, соответствующего распределению плотности цифрового изображения, стенки микрокапсул меняют свою проницаемость, обеспечивая визуализацию изображения. Через стенки капсул проникает различное количество проявителя, и это создает различную плотность красителя согласно структуре изображения. При остывании стенки капсул возвращаются в непроницаемое состояние, что обеспечивает защиту от образования красителя и предотвращает его разложение при нормальных условиях хранения.

Эти технологии печати используются главным образом для диагностической печати высокого качества на прозрачной пленке.

Электрофотографическая печать и чернила на водной основе в настоящее время в основном используются в медицинской визуальной диагностике для печати ознакомительных изображений. В электрофотографической технологии, применяемой в офисных принтерах и фотокопировальных аппаратах, с помощью лазера выполняется печать скрытого изображения на барабане с фотопроводящим слоем. На барабан нанесен тонер, который переносится на бумагу или на полиэфирную подложку. В технологии струйной печати изображения формируются путем модулированного переноса микрокапель чернил на водной основе на поверхность абсорбирующего слоя, нанесенного на полиэфирную подложку.

Требования к печати диагностических изображений

Растущее разнообразие современных требований к печати диктуется расширением спектра модальностей для визуальной диагностики. Наряду с этим ключевым требованием в радиологии является получение изображений, которые позволят поставить правильный и точный диагноз. Поэтому наиболее важным условием при выборе принтера для диагностической печати является его способность **выводить изображение диагностического качества**, которое могло бы использоваться радиологом или другим медицинским специалистом для диагностической интерпретации.

Способность принтера выдавать изображения диагностического качества, определяется многими параметрами, в том числе пространственным разрешением и контрастным разрешением.

Пространственное разрешение наилучшим образом выражается в количестве пикселей на дюйм (ppi), которое соответствует количеству пикселей, используемых для формирования/печати изображения. Требуемое разрешение определяется способностью человеческого глаза к визуальному восприятию. Человеческий глаз (с нормальным или скорректированным до нормального зрением) может различить две точки на расстоянии 1/60 градуса между ними. Для расстояния просмотра в 30 см, обычно используемого для диагностических задач, это соответствует 80 мкм, что эквивалентно пространственному разрешению приблизительно 300 ppi (пикселей на дюйм).

Такое разрешение гарантирует, что для большинства диагностических модальностей, например КТ и МРТ, все пиксели могут быть напечатаны. Более высокое разрешение не улучшает воспринимаемое качество изображения, если только не используются оптические средства увеличения. В других сферах применения, например, в цифровой маммографии полного поля, для отображения всех деталей требуется повышенное разрешение (например, 508 ppi).

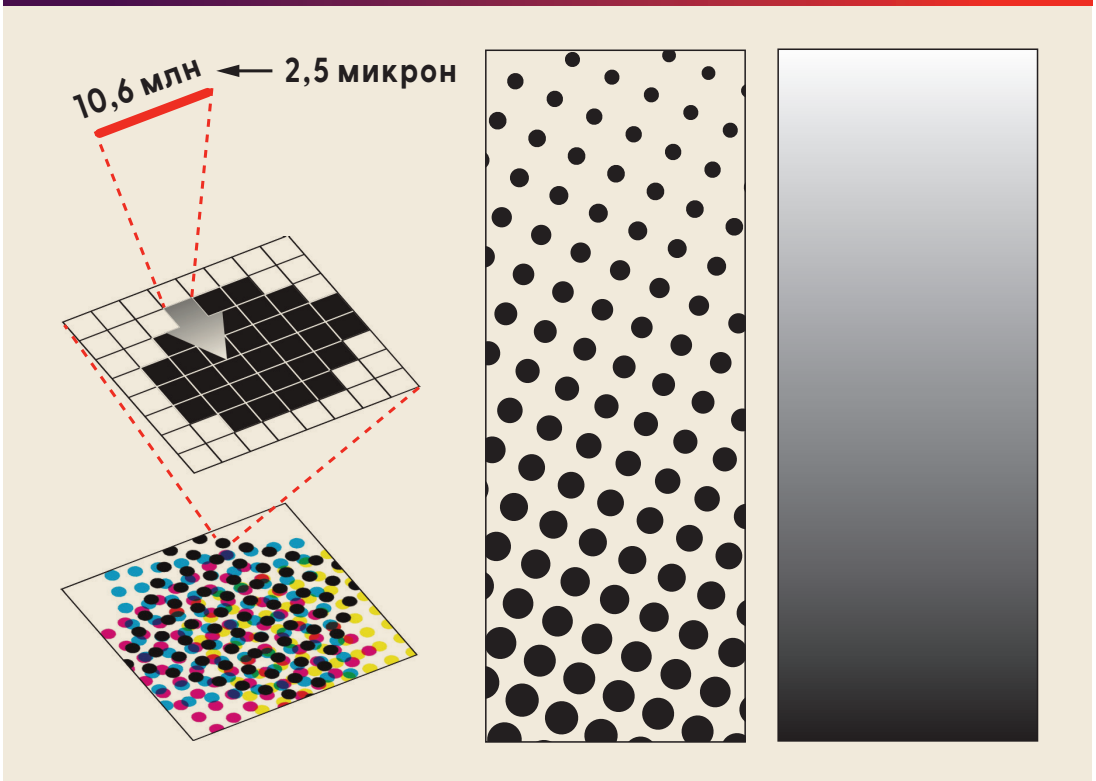
AGFA RADIOLOGY SOLUTIONS

Пиксель представляет собой точку на изображении с определенным уровнем яркости в оттенках серого, передающим графическую информацию.

- В технологии **сплошных тонов** каждый пиксель может визуализироваться в квазинепрерывных уровнях оттенков серого в пределах рабочего диапазона плотности принтера. Примерами такого подхода являются фототермические, термические и микрокапсульные технологии печати снимков.

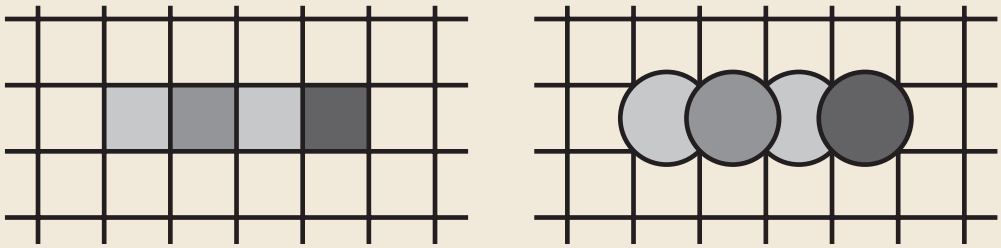
- В **полутоновых** технологиях печати точка изображения состоит из массива точек на уровне субпикселей. Размеры точек должны быть значительно меньше пикселя, и поэтому адресуемость точек (выражаемая как количество точек на дюйм (dpi)) должна быть значительно больше. В простейших случаях точка может иметь всего два уровня: присутствовать или отсутствовать. Для определения распределения включенных или выключенных точек в пределах «точечной маски» (массива представления пикселя размером n x n) применяются алгоритмы растрирования, включая случайное псевдосмешение цветов. Примерами такого подхода являются электрофотографическая («тонер») и струйная печать. В других технологиях печати точки могут иметь несколько уровней. Примерами являются струйные принтеры с возможностью печати точек переменного размера или с использованием черных чернил различной плотности. **Характеристики полутоновых принтеров приближаются к технологиям сплошных тонов.**

РИСУНОК 2
Сравнение пространственного разрешения и адресуемости



Пространственное разрешение не следует путать с адресуемостью. Адресуемость – это количество точек, которые могут быть напечатаны или адресованы, тогда как пространственное разрешение – это количество деталей, которые могут быть фактически напечатаны. Для принтеров, в которых используются технологии сплошных тонов, величины dpi и ppi эквивалентны. Однако для полутоновых принтеров часто приводится информация только по dpi. Этого не достаточно, чтобы судить о визуальном качестве изображения, но эту величину можно сравнить с величиной dpi принтеров со сплошными тонами.

РИСУНОК 3
Сравнение пространственного разрешения и адресуемости



Такая же адресуемость

«Более низкое пространственное разрешение»

- Пространственное разрешение ≠ адресуемость
- Адресуемость – это количество точек, которые могут быть напечатаны или адресованы
- Пространственное разрешение = количество фактически воспроизводимых деталей
- В технических листках в качестве «разрешения» часто указывается адресуемость

РИСУНОК 4
Кривая Канамори

Разрешение контрастных деталей является другим важным параметром для обеспечения хорошего диагностического качества. Количество контрастных деталей является характеристикой, учитывающей как контраст изображения, так и разрешение, и определяет возможность различать изменения в интенсивности изображения. Высокое контрастное разрешение деталей необходимо для надежной диагностики малейших различий в плотности изображения, например, масс в тканях печени или головного мозга. Оно измеряется в процессе испытаний, в которых контраст изображения меняется по мере уменьшения и приближения друг к другу структур изображения.

Способность человеческого глаза различать разрешение контрастных деталей зависит от множества факторов, включая уровень освещенности, размер и содержимое поля зрения. Наилучшее различение между двумя испытуемыми уровнями освещенности достигается в диапазоне 100 – 250 кд/м², когда относительное изменение интенсивности (ΔI/I) может составлять 0,01 и ниже. Зависимость между порогом различения и плотностью светимости была графически представлена Х. Канамори в начале 1960-х и является нелинейной.

AGFA RADIOLOGY SOLUTIONS

Визуальная система и DICOM

В 1990-х Питер Г. Дж. Бартен[1] предложил параметрическую модель человеческого зрения, в которой учитывается нейросенсорный шум, латеральное ингибирование, фотонный шум, модуляционно-передаточная функция зрения и другие факторы. Эта модель человеческого зрения представлена единой непрерывной математической функцией, которая в криволинейном представлении занимает положение между логарифмически-линейным ответом и функцией изображения, допускающей линеаризацию восприятия в сложных сценариях в широких пределах диапазона освещенности.

Это модель, которая выбрана для определения **стандартной функции отображения оттенков серого в протоколе DICOM** (Digital Information Communications in Medicine – Стандарт цифровой передачи данных в медицине[2]) и которая обеспечивает **оптимальные условия просмотра для диагностических задач.**

Из этих положений следует ряд практических выводов:

- Предпочтительно осуществлять воспроизведение медицинских изображений с важной диагностической информацией в диапазоне 100 – 250 кд/м². Этого можно достичь при использовании распечатанных на прозрачной пленке снимков с использованием негатоскопа, дающего уровень освещенности в 2 000 кд/м² для применения в КТ, МРТ и общей рентгенографии; в 4 000 кд/м² для применения в маммографии (European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images – 1996). Важная диагностическая информация должна находится в диапазоне плотности от 0,5 до 2,2 O.D. (оптическая плотность).

- Согласно DICOM параметр JND (just noticeable difference – едва заметные различия) описывает восприятие оттенков серого лучше, чем визуальная плотность. Значения параметра JND выражают воспринимаемые оттенки серого в виде уровней освещенности L, которые являются едва различимыми. Для описания этой корреляции используется функция SDF (standard display function – стандартная функция отображения) стандарта DICOM. Когда принтер откалиброван (линеаризован) согласно SDF стандарта DICOM, воспроизведение контраста осуществляется с использованием величины контраста (JND), которая является (приблизительно) постоянной во всем диапазоне плотностей. Это дает возможность рассмотреть на изображении наибольшее количество контрастных деталей.

Для достижения такой калибровки применяется испытательный шаблон (рисунок 5). На рисунке 6 приведена зависимость между уровнем контраста JND и оптической плотностью для системы, откалиброванной с использованием функции SDF стандарта DICOM, которая демонстрирует практически постоянное число уровней JND в диапазоне визуальной плотности от 0,5 до 2,2 для распечатанных на пленке снимков.

1 Бартен, П. Г. Дж. (1999). Контрастная чувствительность человеческого глаза и ее влияние на качество изображения. Технический университет Эйндховена DOI: 10.6100/IR523072

2 Цифровая визуализация и коммуникации в медицине (DICOM), Часть 14: Стандартная функция отображения серой шкалы, Национальная ассоциация производителей электрооборудования, США

РИСУНОК 5
Шаблон SMPTE

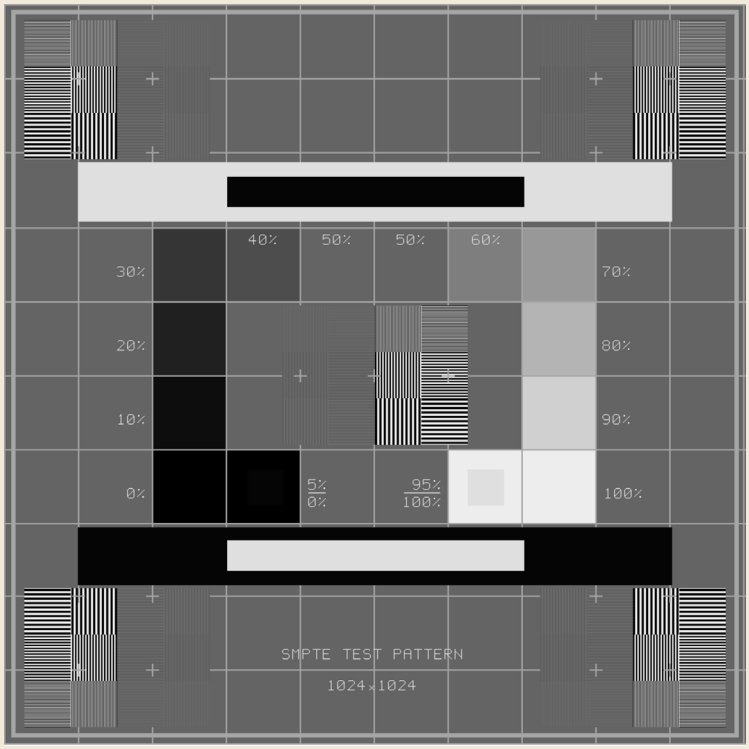
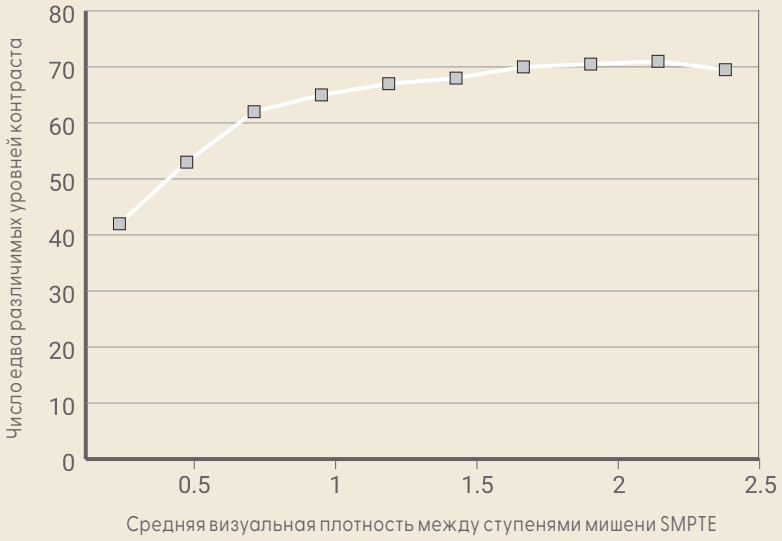


РИСУНОК 6
Контраст JND между соседними ступенями SMPTE



AGFA RADIOLOGY SOLUTIONS

Важность протоколов DICOM для печати медицинских снимков[3]

В модальностях визуальной диагностики для обработки, хранения, передачи и печати диагностических изображений используется стандарт DICOM. Поддержка стандарта DICOM является важным требованием для принтеров в системе диагностики, поскольку он используется для передачи и печати изображений контролируемым образом, чтобы гарантировать диагностическое качество. Устройства, не поддерживающие стандарт DICOM (например, струйные принтеры и принтеры для бумаги, изначально не предназначенные для вывода медицинских изображений), могут принимать файлы DICOM через блоки преобразования, но это не всегда позволяет достичь диагностического качества преобразованного и напечатанного изображения. Более того, в то время как принтеры диагностического качества поддерживают все функции калибровки и отвечают критериям гарантированного диагностического качества печати, не предназначенные для диагностики принтеры не всегда обладают этими возможностями.

Воспринимаемая диагностическая информация может быть «разбавлена» окружающими световыми помехами или прямыми отражениями от дисплея. Поэтому протоколом DICOM также определяется низкий уровень окружающего света для оптимального восприятия диагностической информации на изображении. Кроме того, наблюдателю может понадобиться некоторое время, чтобы его органы зрения адаптировались к условиям просмотра. Чтобы исключить нарушение восприятия диагностической информации, уровень окружающего освещения не должен превышать 1/100 от наивысшего уровня светимости отображаемого изображения. Цветовая температура и спектр света также должны быть оптимальны для диагностики (рисунок 7). (Эти общие соображения справедливы как для излучающих дисплеев (мониторов), так и для распечатанных на пленке снимков, просматриваемых на просвет с помощью негатоскопа.)

Однако для медицинских изображений, распечатанных на непрозрачных отражающих материалах, этот подход нарушается, поскольку для их анализа требуется высокий уровень окружающего освещения в 1000 люкс и выше. Такой высокий уровень окружающего освещения влияет на адаптацию органов зрения наблюдателя. Кроме этого, высокий уровень окружающего освещения приводит к повышению интенсивности света, отражающегося от поверхности отпечатка, что значительно снижает динамический диапазон и количество различимых оттенков серого, особенно в темных областях изображения. В обоих случаях неоптимальная реакция наблюдателя повышает вероятность неполной оценки диагностической информации, заключенной в изображении.

По этой причине бумажные или непрозрачные носители могут использоваться только для ознакомительного просмотра, когда, например, диагностика была проведена с использованием медицинского калиброванного монитора в системе PACS.

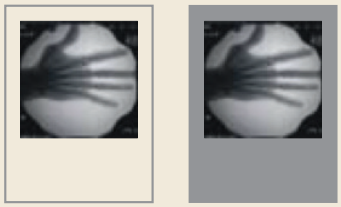
3 “Дисплеи Глава 3: Основы DICOM, относящиеся к дисплеям”, Майк Флинн, доктор философии; отделение радиологии, Система здравоохранения Генри Форда, https://siim.org/page/displays_chapter3.

РИСУНОК 7
Условия просмотра на негатоскопе

НЕ О.К. НЕ О.К. О.К.

Слишком темный или слишком светлый негатоскоп снижает способность различения малых изменений контраста.

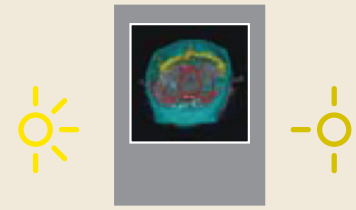
- Для обеспечения оптимальной дифференциации плотности интенсивность свечения негатоскопа должна находиться в пределах 2000-4000 кд/м², чтобы получать наиболее важную информацию в диапазоне плотностей 0,5-2,2.



НЕ О.К. О.К.

Излишний свет из незакрытых зон нарушает уровень адаптации и рассеивается в глазах интерпретатора, вызывая ослепление и снижая способность различать уровни контраста.

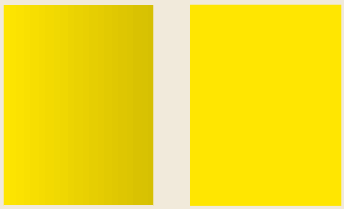
- Необходимо закрывать незакрытые зоны.



НЕ О.К. О.К.

Избыточный окружающий свет снижает контраст, тогда как в окружающей темноте происходит расширение зрачков, что приводит к ухудшению остроты зрения.

- Уровень окружающего освещения должен быть умеренным



НЕ О.К. О.К.

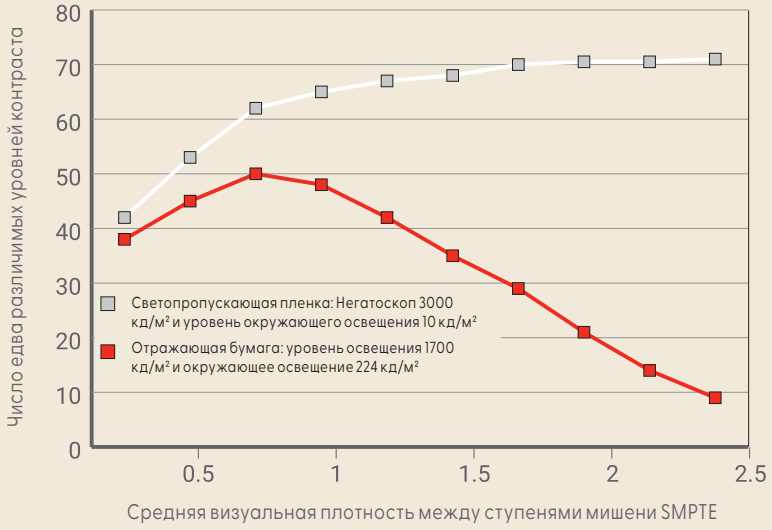
Использование негатоскопа с неравномерной подсветкой приводит к ошибкам интерпретации клинического изображения.

- Подсветка негатоскопа должна быть равномерной.

Европейская комиссия излагает принципы просмотра для условий просмотра изображений в указаниях «European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images», которые доступны по ссылке https://bookshop.europa.eu/en/home/. Также необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- Следует использовать источник света белого или синего цвета, подсветка должна быть равномерной по всей площади пленки.
- Должна быть предусмотрена возможность увеличения отображаемого рентгенографического изображения с кратностью от 2 до 4, чтобы можно было рассматривать мелкие детали изображения размером до 0,1 мм.
- Для просмотра особо темных областей на рентгенографическом изображении должен быть предусмотрен дополнительный точечный источник света с ирисовой диафрагмой и яркостью не менее 10 000 кд/м².

РИСУНОК 8
Контрольная точка сравнительной оценки воспринимаемых уровней JND для медицинских изображений как функция режима просмотра (пропускание света на негатоскопе в зависимости от отражения света в условиях окружающего освещения в кабинете), рассчитанная по стандарту DICOM.



Сертифицированные медицинские принтеры: факторы, влияющие на диагностическое качество

Как упоминалось выше, для получения уровней серого в масштабе пикселя в некоторых технологиях используются полутона или случайное псевдосмешение цветов (технология формирования изображения с преднамеренным применением шума для рандомизации ошибок обработки сигнала). Однако структура изображения на уровне субпикселей существенным образом отличается от непрерывной системы тонов, которая используется исключительно в принтерах, предназначенных для диагностического применения. Способность восприятия изменений на уровне субпикселей в структуре исследуемой патологии в первом из описанных случаев зависит от квалификации отдельно взятого наблюдателя, что может влиять на качество диагностики. По этой причине в некоторых странах принтеры, в которых используются эти технологии, не утверждены для печати диагностических изображений в КТ, МРТ и рентгенографии.

Более того, для большинства медицинских применений требуются принтеры с медицинской сертификацией, которые отвечают критериям гарантии безопасности и высоких характеристик в непростых условиях эксплуатации в учреждениях здравоохранения.

Также важную роль играют форматы пленки и физические свойства материала пленки (например, глянец, толщина, закругленные углы, цветовой оттенок пленки, устойчивость к царапинам и т.д.), а также производительность (время доступа, пропускная способность и т.д.) и эргономические аспекты (количество лотков, сортировщик пленки, возможность эксплуатации при дневном свете и т.д.) принтера.

Физические свойства распечатанных снимков важны не только для обеспечения качества изображения, но также для обращения и хранения. Стандарт ISO 18939 содержит описание методик испытаний для измерения параметров стойкости распечатанных снимков цифровых медицинских изображений. Сюда относится:

1. Оценка физических свойств
- Испытание адгезии слоя с отслоением на клейкую ленту (i) и испытание адгезии с циклическим изменением влажности (ii)
- Испытание стабильности связующего элемента на хрупкость
- Слипание и взаимный перенос изображения (в пачке пленки)

2. Определение стойкости изображения
- Стабильность в темноте (тест Аррениуса)
- Оценка стабильности в присутствии света, как то испытание на стойкость при использовании негатоскопа (3D-режим в световой камере при 40°C / относительной влажности 20% и 3000 кд/м²)
- Измерение размытия изображения (40°C при относительно влажности 50% или 80%)

Материалы для печати снимков, разрабатываемые для использования с медицинскими принтерами, зарекомендовавшими себя в визуальной диагностике, должны обладать требуемой физической стабильностью и обеспечивать устойчивость изображения. Для некоторых новых выходящих на рынок технологий печати необходимость соответствия этим требованиям не всегда очевидна. В особенности это относится к носителям в системах струйной печати с чернилами на водной основе, принимающие пористые слои которых имеют ограниченную физическую стабильность в условиях повышенной влажности и при контакте с жидкостями. Кроме того, струйные отпечатки с пористыми слоями, а также распечатанныеснимки на тоновой основе потенциально подвержены слипанию при хранении в плотных стопках, которые обычно используются в архивах медицинских изображений. Воздействие любого из описанных условий можетпривести к частичной или полной потере визуальной информации в процессе обращения или хранения.

AGFA RADIOLOGY SOLUTIONS

Заключение

Введение информационных систем PACS и цифровых медицинских карт пациентов не устранило потребности в использовании распечатанных снимков во многих регионах мира. В то время как сегодня доступны многие технологии печати, не все из них соответствуют требованиям стандартов качества для получения изображений диагностического качества на прозрачной диагностической пленке. Обеспечить требуемое для диагностики качество изображение могут устройства печати, в которых применяется технология прямой термопечати, например, системы принтеров и пленки DRYSTAR.

Ключевыми параметрами, определяющими диагностическое качество, являются контрастное разрешение, пространственное разрешение и условия просмотра, но также важны и физические качества материала. Системы печати на бумаге/непрозрачном материале обладают меньшей ценностью для диагностики вследствие ограниченного контрастного разрешения и применения полутоновой печати.

AGFA
RADIOLOGX
SOLUTIONS

Мы в соцсетях:

agfa.com » Septestraat 27 - 2640 Мортсель - Бельгия

Agfa, ромб Agfa и MUSICA являются товарными знаками компании Agfa-Gevaert NV, Бельгия, или ее дочерних компаний. Все права защищены. Вся содержащаяся здесь информация предназначена только для целей общего ознакомления, а характеристики продукции и услуг, описанные в данной публикации, могут быть изменены в любое время без какого-либо уведомления. В вашем регионе продукция и услуги могут оказаться недоступными. Пожалуйста, обратитесь к своим местным торговым представителям за информацией об их наличии. Agfa-Gevaert NV всеми силами стремится предоставлять как можно более точную информацию, однако не несет ответственности за возможные типографские опечатки.

© 2023 Agfa NV - Все права защищены - Опубликовано Agfa NV

RU 202306