ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Насколько важен размер пикселя детектора в цифровой полноформатной маммографии для раннего обнаружения рака молочной железы?

AGFA

Оглавление

1. Введение 3

2. Коммерческие системы FFDM: свойства и пиксели 4

3. Как размер пикселя влияет на диагностическое качество изображения? 5

3.1 Коммерческие системы FFDM – технические подробности 5

3.2 Шум: квантовый в сравнении с электронным или геометрическим шумом 5

3.3 Определяется ли резкость размером пикселя? 6

3.4 DQE и различимость деталей 7

3.5 Тест с фантомом CDMAM – контраст проработки деталей 9

4. Диагностическое качество изображения: дополнительные параметры 11

4.1 Обработка изображений и фракционная многоуровневая обработка 11

4.2 Оптимизация рентгеновского спектра: Калибровка AEC 13

4.3 Как пользователь влияет на диагностические качество изображения? 13

5. Заключение: обнаружение малых объектов против диагностического качества изображения 14

6. Библиография 15

1 Введение

Цифровая полноформатная маммография (FFDM) пользуется большим спросом на рынке высоких технологий. Во многих странах она остается предпочтительным методом маммографического скрининга. Однако, использование этого метода подразумевает воздействие на здоровых женщин ионизирующего излучения с целью обнаружения ранних признаков рака, что представляет определенный риск для этих женщин.

Технологический переход от пленочно-экранной или компьютерной рентгенографии (CR) к системам маммографического скрининга на основе прямой рентгенографии (DR) во многих странах находится в зрелой фазе. Намечается тенденция, когда предпочтительной диагностической методикой становится цифровая томографическая реконструкция молочной железы (DBT). В некоторых центрах для регулярного скрининга используются синтезированные 2D-изображения, полученные из изображений DBT, но для многих скрининговых центров эта методика остается слишком дорогой и слишком сложной.

Технологический процесс в маммографических системах на основе CR сопряжен с определенными неудобствами, но не так дорог, как FFDM; кроме того, он дает возможность заказчикам использовать аналоговые модальности, что также снижает расходы по сравнению с непосредственным внедрением новой модальности FFDM. Также клиенты могут использовать маммографическую DR панель, чтобы продолжать использование уже имеющихся аналоговых маммографических модальностей, как они это делали в режиме CR, но с использованием преимуществ технологического процесса FFDM.

Коммерческие детекторы для FFDM имеют различные конструкции. В системах CR используются кассеты с люминофорными пластинами; которые оцифровываются с помощью лазера. Существуют плоскопанельные детекторы непрямого типа на основе сцинтиллятора (CsI) и фотодиодов, сопряженными с активной пиксельной матрицей, а также на основе прямого преобразующего слоя (a-Se), сопряженного с активной пиксельной матрицей.

Один из главных параметров решения, который может влиять на диагностическое качество изображения в цифровой маммографии – это размер пикселя цифрового детектора. Раннее обнаружение рака молочной железы часто основывается на распознавании микрокальцинатов и на их геометрии. Поэтому зачастую считается, что разрешение системы является чрезвычайно важным параметром в маммографии.

По поводу раннего выявления рака молочной железы к цифровой маммографии ставится такой вопрос: ***до какой степени имеет значение размер пикселя?*** И далее: имеется ли оптимальный размер пикселя? Эта техническое описание отвечает на первый вопрос, сравнивая технические аспекты качества изображения нескольких распространенных систем FFDM, маммографического комплекта модернизации до уровня DR и систем CR с различными размерами пикселя.

Насколько важен размер пикселя в цифровой маммографии? Данное техническое описание дает ответ.

2 Коммерческие системы FFDM: свойства и пиксели

Был произведен сбор технических данных, касающихся качества изображения и контраста деталей для ряда коммерческих маммографических детекторов. В выбранных системах размер пикселя варьировался от 50 до 100 мкм, при этом были представлены все технологии, предлагаемые на современном рынке цифровых маммографических систем. Обзор приводится в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1
Обзор детекторов FFDM и конкретных технологических параметров систем.

Система – коммерческое наименование		Размер пикселя (мкм)	Матрица пикселей	Технология
Agfa DR 24M	Аналоговая модальность (тестировалась вместе с Siemens Nova)	76	3072 x 3840	CsI/ a-Si TFT
Agfa DX-M HM5.0	Аналоговая модальность (тестировалась вместе с Siemens Nova)	50	4708 x 5844	Игольчатый детектор CR
Fuji Amulet	Интегрированная модальность	50	3540 x 4740	a-Se/оптическое переключение
GE Essential	Интегрированная модальность	100	2394 x 3062	CsI/ a-Si TFT
Hologic Selenia	Интегрированная модальность	70	2560 x 3328	a-Se/TFT
Siemens Inspiration	Интегрированная модальность	85	2658 x 3318	a-Se/TFT

3 Как размер пикселя влияет на диагностическое качество изображения?

3.1 КОММЕРЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ FFDM – ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОДРОБНОСТИ

Системы, перечисленные в таблице 1, были полностью охарактеризованы. Технические подробности освещались в публикациях (N.W. Marshall, 2011) и (P. Monnin, 2011). Для нового детектора Agfa из комплекта модернизации здесь приводятся внутренние данные; они должны быть подтверждены в независимых испытаниях фламандскими сертификационными органами для маммографических центров. Для сравнения добавлены технические данные пленочно-экранной маммографической системы согласно публикации (Bunch, 1999).

3.2 ШУМ: КВАНТОВЫЙ В СРАВНЕНИИ С ЭЛЕКТРОННЫМ ИЛИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ШУМОМ

Большинство рассматриваемых здесь детекторов функционирует в условиях ограниченного квантового потока; это значит, что в диапазоне экспозиций, используемых для FFDM скрининга шум изображения представляет собой в основном квантовый шум, тогда как уровень электронного шума или геометрического шума является пренебрежимо малым. В подобных условиях функционирования уровень сигнала пропорционален числу рентгеновских квантов, вносящих вклад в формирование сигнала; и поскольку число рентгеновских квантов подчиняется распределению Пуассона, шум пропорционален квадратному корню от числа рентгеновских квантов. Число рентгеновских квантов, вносящих вклад в формирование сигнала пропорционально площади пикселя (= PS^2; PS – размер пикселя). В условиях ограниченного квантового потока отношение сигнала к шуму (SNR) пропорционально PS^2/PS или

$$SNR \sim PS \qquad \text{Eq. 1}$$

Выражая это другим способом, можно отметить, что уровень экспозиции, необходимый для достижения той же величины SNR, обратно пропорционален отношению размеров пикселей. Рассмотрим детекторы с размером пикселя 76 мкм и 100 мкм, функционирующие в условиях ограничения уровня квантового шума; уровень экспозиции для достижения одной и той же величины SNR будет на 24% выше для системы на 76 мкм, чем для системы на 100 мкм; поэтому имеется фундаментальная физическая причина обратить более пристальное внимание на влияние размера пикселя в системе FFDM!

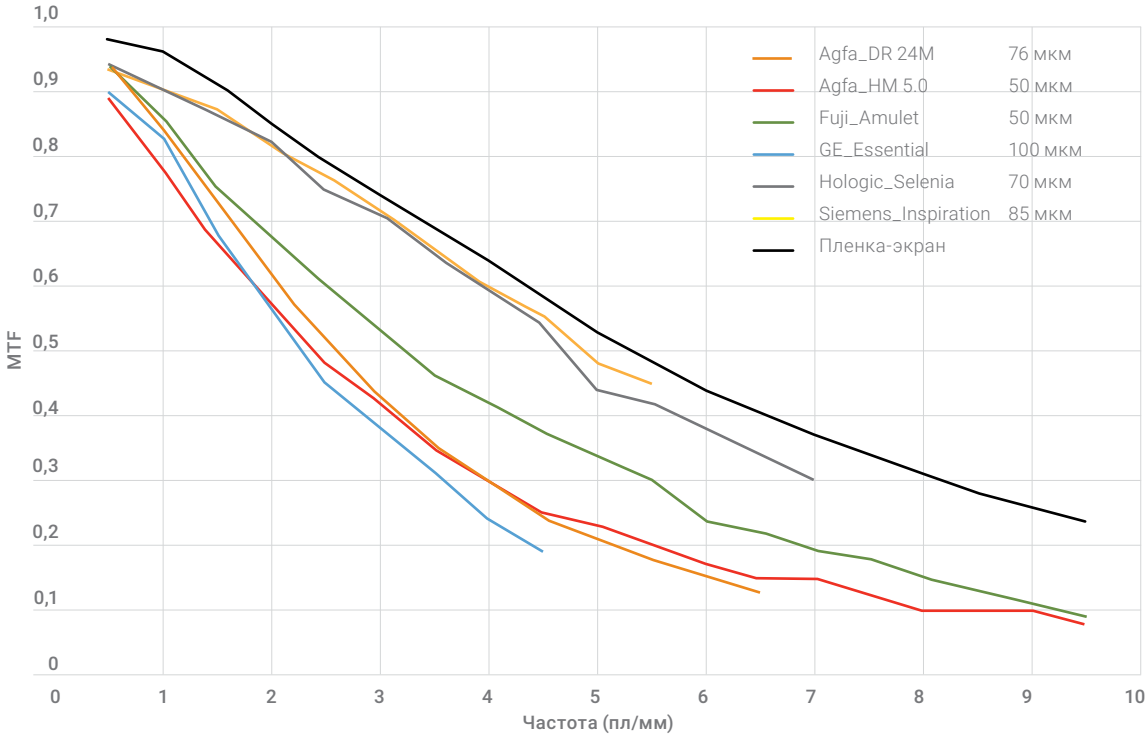
Как указано в литературе (N.W. Marshall, 2011), при низких уровнях экспозиции электронный шум может стать доминирующим компонентом шума, и в этом случае формула 1 не справедлива для этих низких уровней экспозиции, которые в основном отображают важные плотные части молочной железы.

Цифровые маммографические детекторы с малым размером пикселя требуют большей дозы облучения пациента для достижения качества изображения, аналогичного таковому для детекторов с большим размером пикселя, если не принимать во внимание остальные конструктивные особенности.

3.3 ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ЛИ РЕЗКОСТЬ РАЗМЕРОМ ПИКСЕЛЯ?

Традиционные пленочно-экранные системы отличаются очень высокой резкостью; частицы изображения на пленке, предназначенной для диагностики, имеют очень малый размер, и систему экрана и пленки можно считать практически сплошной средой. Однако достижимое пространственное разрешение в цифровой маммографии определяется количеством пикселей, используемых для получения цифрового изображения, и для фиксированного формата детектора имеет непосредственное отношение к размеру пикселя. Пространственное разрешение характеризуется как частотно-контрастная характеристика или модуляционно-передаточная функция (MTF). Обзор функции MTF для рассматриваемых здесь детекторов FFDM приведен на рисунке 1. Для сравнения также приводится функция MTF пленочно-экранной системы высокого разрешения.

РИСУНОК 1
MTF детектора для разных детекторов FFDM в оптимальных условиях контроля качества пучка с калибровкой в системах со слоем ПММА толщиной 50 мм (данные (N.W. Marshall, 2011), (Bunch, 1999) (=пленка-экран) и внутренние данные (=DR 24M)).



Из рисунка 1 очевидно, что достижимое высококонтрастное разрешение при FFDM зависит преимущественно от технологии детектора; детекторы с прямым преобразованием на основе a-Se характеризуются максимальным значением MTF в 4 пары линий/мм. Детекторы непрямого типа на основе CsI имеют минимальное значение MTF в 4 пары линий /мм. Системы CR на основе детекторов с игольчатыми пластинами имеют приблизительно такую же характеристику MTF, как и детекторы на основе CsI.

Максимальный размер идеально распознаваемых деталей достигается, когда один пиксель изображения имеет высокий уровень сигнала, а примыкающий к нему пиксель – низкий уровень сигнала. Таким образом максимальная определяемая частота без артефактов наложения составляет 1/(2 x PS); она называется частотой Найквиста. На рисунке 1 функция MTF представлена (на 0,5 пл/мм) в диапазоне 0,5 относительно частоты Найквиста. Хотя детекторы на основе a-Se отличаются высокой величиной MTF вплоть до частоты Найквиста, они не воспроизводят детали на более высоких частотах. Системы с меньшим размером пикселя все же могут воспроизводить такие детали, но контраст при воспроизведении этих деталей будет снижен (низкая величина MTF); в то же время шум (квантовый + электронный) также будет снижать способность системы к различению деталей.

Минимальный размер обнаружимых деталей ограничивается размером пикселя. Однако фактическая визуальная резкость зависит от конструкции детектора, определяющей способность к различению деталей при низком контрасте, которая снижается вследствие вклада шума системы и ограниченной функции MTF, главным образом вследствие рассеяния света в некоторых детекторах. Мелкие детали воспроизводятся с низким контрастом, а шум препятствует их различению.

Размер пикселя ограничивает минимальный размер обнаружимых деталей, но не определяет общую резкость системы. Резкость подразумевает то, что малый объект может быть обнаружен с достаточным контрастом, выше уровня шума на изображении.

3.4 DQE И РАЗЛИЧИМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ

Квантовая эффективность детектирования (DQE) описывает способность детектора сохранять отношение сигнала к шуму от поля облучения до конечного цифрового изображения. DQE является совокупным показателем применяемого уровня экспозиции, чувствительности детектора, MTF детектора и шумовых свойств детектора и поэтому в значительной степени является интегральной мерой качества изображения. Чем выше DQE при определенной частоте, тем выше способность к различению деталей, соответствующих этой частоте (= 1/(2 x размер деталей)).

Показатель DQE для систем FFDM был охарактеризован и сообщался в публикации (N.W. Marshall, 2011) для оптимальных условий использования; т. е. для качества пучка и при эталонной экспозиции, наиболее приближенных к условиям экспонирования с автоматическим определением экспозиции (AEC) для слоя в 50 мм ПММА. Обзор условий экспонирования для всех систем дается в таблице 2. Данные по DQE представлены на рисунке 2 функция в частотном диапазоне 0,5 относительно частоты Найквиста.

ТАБЛИЦА 2
Условия экспонирования для характеризации технического качества изображения в разных системах.

Система	кВ	A/F	Воздушная керма (мкГр)
Agfa DR 24M	30	Mo/Rh	80
Agfa DX-M HM5.0	29	Mo/Rh	104
Fuji Amulet	29	Mo/Rh	88
GE Essential	29	Rh/Rh	83
Hologic Selenia	29	W/Rh	100
Siemens Inspiration	28	W/Rh	98

РИСУНОК 2
DQE для различных систем в оптимальных условиях использования для ПММА толщиной 50 мм (данные (N.W. Marshall, 2011), (Bunch, 1999) (=пленка-экран) и внутренние данные (=DR 24M)).

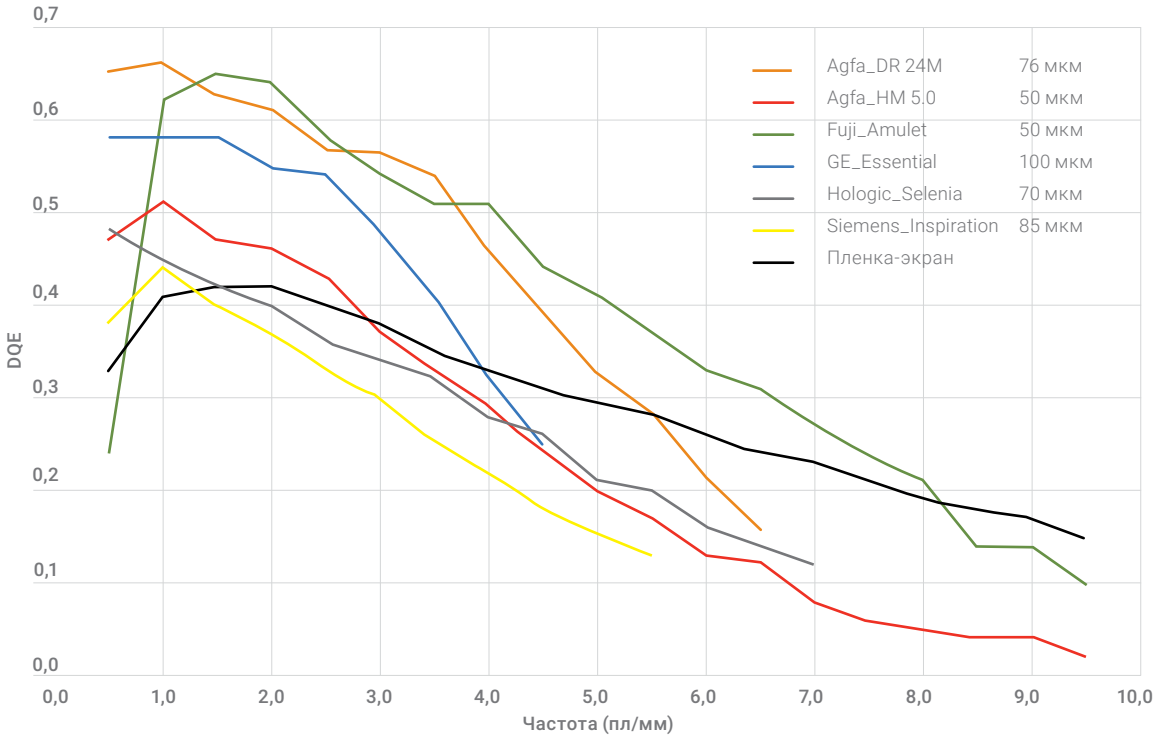


Рисунок 2 содержит данные по DQE для пленочно-экранной системы высокого разрешения. При очень высоких частотах DQE для этой пленочно-экранной системы превышает таковой для всех цифровых маммографических систем. Но является ли различимость деталей в этом частотном диапазоне критическим фактором для раннего выявления рака молочной железы? Результаты исследования DMIST не указывают на аналогичную или лучшую диагностическую точность цифровых систем по сравнению с пленочной маммографией (Pisano, 2005). Преимущества технологического процесса цифровых систем, низкий динамический диапазон и невозможность контрастирования с использованием функций обработки изображений в традиционных пленочных системах плюс результаты исследования DMIST – все это дает аргументы в пользу дальнейшего технологического совершенствования цифровых маммографических систем.

При использовании тестовых условий показатель DQE для систем с прямым преобразованием на основе a-Se для 4 пл/мм был ниже чем для обеих систем CR и систем непрямого типа на основе CsI. То, что показатель DQE не определяется исключительно размером пикселя, иллюстрируется, например, системой GE с размером пикселя 100 мкм, которая имеет более высокий DQE во всем частотном диапазоне по сравнению с системами Siemens с меньшим размером пикселя. В этих условиях система Fuji Amulet отличается высоким показателем DQE во всем частотном диапазоне.

Однако DQE системы зависит от уровня экспозиции. Представленные здесь данные при ~ 100 мкГр относятся к эталонному уровню экспозиции, когда системы функционируют в режиме ограниченного квантового шума. Учитывая то, что некоторые детали в клинических маммограммах наблюдаются в плотных частях подвергнутой компрессии молочной железы, данные по DQE для этого эталонного уровня могут вводить в заблуждение; для некоторых деталей на маммограммах следует принимать во внимание меньший уровень экспозиции, где уровень электронного шума может превышать уровень квантового шума. На эталонном уровне экспозиции система Amulet отличалась самым большим DQE на высокой частоте; но из-за высокого электронного шума при низком уровне экспозиции, соответствующему более плотным частям визуализируемой молочной железы падение DQE превышало таковое для других систем (N.W. Marshall, 2011).

Высокий показатель DQE при определенной частоте указывает на хорошую различимость деталей размера, соответствующего этой частоте (размер = 1/(2 x част.)) с контрастом выше уровня шума. Однако помимо квантового шума всегда присутствуют другие компоненты шума, например электронный шум или геометрический шум, которые могут ограничивать различимость, особенно при низких уровнях экспозиции.

Технические данные по качеству изображения указывают на то, что для систем FFDM с размером пикселя в диапазоне от 50 до 100 мкм размер пикселя сам по себе не оказывает систематического влияния на различимость малых объектов.

3.5. ТЕСТ С ФАНТОМОМ CDMAM – КОНТРАСТ ПРОРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Фантом CDMAM (Contrast Detail Mammography) был разработан для оценки контраста воспроизведения деталей на необработанных цифровых маммограммах. Он содержит массив миниатюрных золотых дисков и позволяет рассчитать кривую порогового контраста и предсказать контраст деталей, определяющий различимость малых объектов человеком. В этом отношении он позволяет сравнивать и сопоставлять цифровые маммографические системы, когда экспонирование осуществляется в близких условиях.

Фантом CDMAM состоит из алюминиевого основания с золотыми дисками (чистота золота 99,99 %) варьирующейся толщины и диаметров. Основание закреплено в полости глубиной 2 мм в крышке из материала Perspex (пластина ПММА) толщиной 5 мм. Сборка (ПММА и алюминий) имеет толщину в ПММА-эквиваленте 10 мм в стандартных маммографических условиях экспонирования.

Условия экспонирования представляют собой типичные параметры экспонирования, используемые в клинике при обследовании подвергнутой компрессии молочной железы толщиной 60 мм.

ТАБЛИЦА 3
Обзор условий экспонирования в соответствии с калибровками AEC и порогом детектирования для дисков размером 0,1 мм и 0,25 мм в фантоме CDMAM 3.4

Система	кВ	A/F	Воздушная керма (мкГр)	Lg(T) (0,1)	Lg(T) (0,25)
Agfa DR 24M	30	Mo/Rh	80	0,00	-0,63
Agfa DX-M HM 5.0	29	Mo/Rh	104	0,013	-0,52
Fuji Amulet	29	Mo/Rh	88	0,03	-0,55
GE Essential	29	Rh/Rh	83	0,06	-0,59
Hologic Selenia	29	W/Rh	100	0,08	-0,62
Siemens Inspiration	28	W/Rh	98	0,08	-0,57

Наиболее релевантным показателем является пороговый контраст различения деталей для дисков размером 0,1 мм и 0,25 мм, поскольку эти диаметры соответствуют размерам микрокальцинатов на маммограммах. Чем меньше пороговое значение для этих диаметров, тем лучше способность данной системы к воспроизведению малых и малоконтрастных деталей изображения.

РИСУНОК 3
Пороговая толщина золота CDMAM для дисков размером 0,1 мм (сверху) и 0,25 мм (снизу) в CDMAM 3.4

Для типичных цифровых маммографических систем размер пикселя в диапазоне высоких разрешений от 50 до 100 мкм не связан с контрастом различимых деталей, измеряемым с помощью фантома CDMAM.

4 Диагностические качество изображения: дополнительные параметры

4.1 ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ И ФРАКЦИОННАЯ МНОГОУРОВНЕВАЯ ОБРАБОТКА

Компания Agfa осуществляет обработку изображений в цифровой маммографии на основе технологии обработки изображений MUSICA. При использовании этой методики обработки изображений проводится вычисление многоуровневого разложения с использованием ряда пространственных фильтров. Обычно с применением этих фильтров рассчитывается средневзвешенное значение для пикселей в локальной окрестности каждого пикселя изображения, называемого ядром фильтра.

С использованием запатентованной технологии фракционной многоуровневой обработки (FMP) Agfa на каждом масштабе выполняется разложение фильтруемых ядер на фракции меньшего размера; таким образом производится усиление отдельных фракций ядер, а не средневзвешенной суммы. Это приводит к значительному улучшению детализации. Для улучшения видимости микрокальцинатов на маммограммах была создана специальная версия MUSICA на основе технологии FMP с особыми настройками.

РИСУНОК 4
Субоптимальное (сверху) и оптимальное (снизу) разрешение малоконтрастных объектов

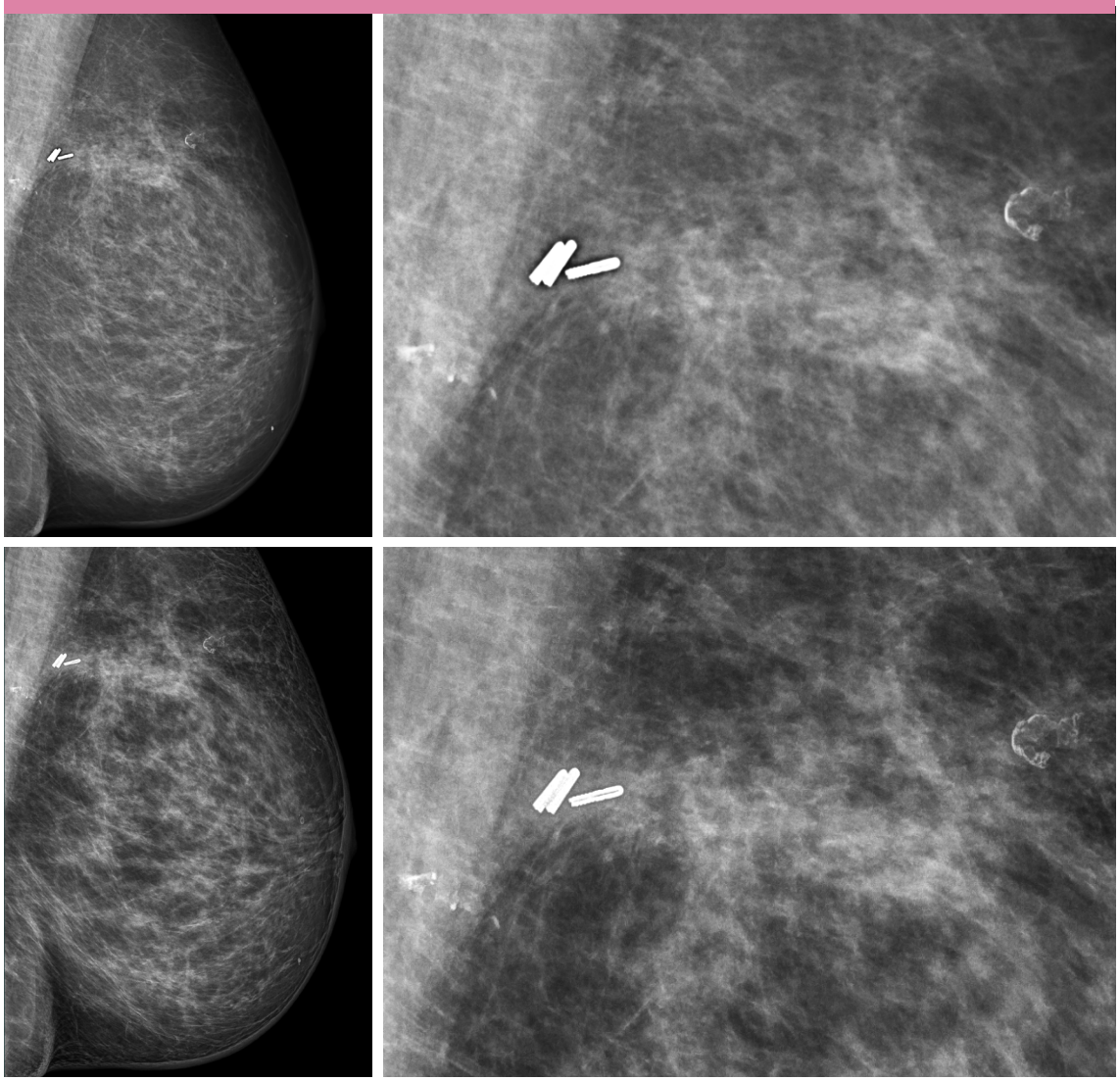
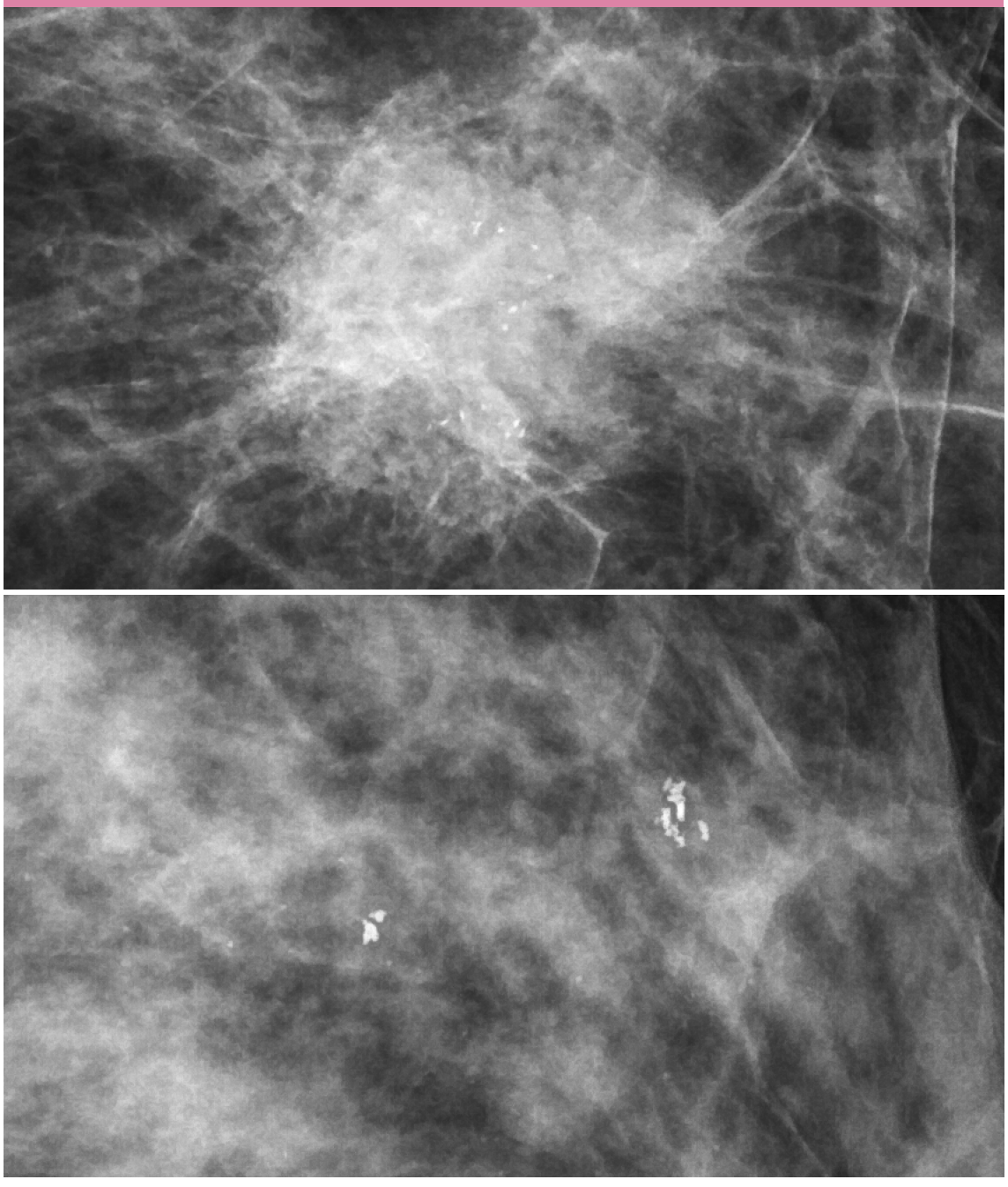


РИСУНОК 5
Примеры (оба для MUSICA с FMP) оптимальной визуализации малых объектов на цифровых маммограммах



Обработка изображений повышает диагностическое качество маммограмм. Запатентованная фракционная многоуровневая обработка (FMP) компании Agfa может улучшать диагностическое качество изображений, получаемых в различных системах FFDM, до высочайшего уровня, независимо от технических конструктивных параметров системы FFMD, таких как размер пикселя цифрового детектора.

4.2 ОПТИМИЗАЦИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО СПЕКТРА: КАЛИБРОВКА AEC

Поглощение рентгеновских лучей в материалах зависит от химического состава материала и средней энергии рентгеновских лучей. Воспроизведение контраста также зависит от пространственной чувствительности системы детектора.

Молочная железа состоит только из мягких тканей и мелких кальцинатов; последние сильнее поглощают рентгеновские лучи, но их трудно обнаружить вследствие малого размера. Одним из способов повышения их видимости является оптимизация рентгеновского спектра, которая обычно производится изменением параметра $КВ_п$ и подбором сочетания анода/фильтра. Это всегда необходимо делать с учетом используемой системы детектор, поскольку спектральная чувствительность системы детектирования зависит от технологии детектора. Изменение условий экспонирования оказывает влияние на дозу облучения пациента, что является критическим моментом. Ответственность за калибровку AEC, а следовательно за выбор величины $КВ_п$ и сочетания анода/фильтра (A/F) для молочных желез определенной толщины лежит на штатном медицинском физике скринингового центра; предпочтительно использование параметров, рекомендуемых производителем.

4.3 КАК ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ ВЛИЯЕТ НА ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ?

Хотя производителям удалось поднять технологии цифровых маммографических систем на достаточно высокий уровень характеристик, и хотя медицинские учреждения под действием различных местных и международных рекомендаций и стандартов внедрили процедуры скрининга, в которых используются преимущества этой эволюции в технологиях, окончательное диагностическое качество изображения, получаемое в таких высокоэффективных системах FFDM также зависит от оптимальных действий оператора.

Приемочные испытания вновь устанавливаемых или модернизированных систем вместе с регулярным проведением тестов контроля качества могут гарантировать оптимальные характеристики системы в течение длительного периода времени. Настоятельно рекомендуется поручить контроль над корректным внедрением этих процедур медицинским физикам.

В конечном счете, на эффективность системы FFDM в маммографическом отделении в смысле выявления ранних признаков рака или постановки правильного диагноза влияют такие факторы, как правильное позиционирование молочных желез, применение правильного уровня компрессии, следование рекомендациям по выбору условий экспонирования (сочетание A/F, уровень экспозиции), а также создание оптимальных условий просмотра при расшифровке маммограмм.

Правильное использование высокоэффективной цифровой маммографической системы (позиционирование, сочетание анода/фильтра, доза и т.д.) является важным для достижения оптимального диагностического качества.

5 Заключение: обнаружение малых объектов против диагностического качества изображения

В системе FFDM на диагностическое качество изображения прямо или косвенно влияют многие технические параметры. Они связаны с технологией детектора, но также с условиями экспонирования и программным обеспечением для обработки изображений. Далее, диагностическое качество изображения зависит от правильного позиционирования, компрессии и условий просмотра – все они полностью находятся под контролем пользователя.

Размер пикселя детектора – всего лишь один из этих параметров, но показано с использованием данных по техническому качеству изображения и по пороговому размеру малых деталей в фантоме CDMAM, в диапазоне размеров пикселей от 50 до 100 мкм приемлемое диагностическое качество изображения реализуется всего лишь при небольших изменениях дозы облучения пациента.

Размер пикселя является важным фактором для определения минимального размера малых объектов, которые воспроизводиться на изображении, но не является определяющим условием для получения хорошего диагностического качества изображения.

Фактически для размеров пикселей ≤ 100 мкм цифровые маммографические системы достигают превосходного качества изображения при разумно низкой дозе для детекторов любых типов (например, Agfa DR 24M) и применении передовых методов обработки изображения (например, MUSICA с технологией FMP).

6 Библиография

(Bunch, 1999): P. Bunch, Advances in high-speed mammographic image quality. Medical Imaging 1999: *Physics of Medical Imaging*, Proc. SPIE. (pp. 120-130).

(Pisano, 2005): D. Pisano, C. Gatsonis, E. Hendrick, M. Yaffe, J. Baum, S. Acharyya, E. Conant, L. Fajardo, L. Bassett, C. D'Orsi, R. Jong, M. Rebner. Diagnostic Performance of Digital versus Film Mammography for Breast-Cancer Screening. *N. Engl. J. Med., 353,* (2005), 1773 - 1783.

(N.W. Marshall, 2011): N.W. Marshall, P. M. Image quality assessment in digital mammography: part 1 Technical characterization of the systems. *Phys. Med. Biol. 56*, (2011), 4201 - 4220.

(P. Monnin, 2011): P. Monnin, N. H. Image quality assessment in digital mammography: part 2. NPWE as a validated alternative for contrast detail analysis. *Phys. Med. Biol. 56,* (2011), 4221 - 4238.

Авторы:

Фридрих Ваннингер – руководитель группы по применению Agfa и один из экспертов компании по качеству изображения и плоскопанельным детекторам. Он имеет степень магистра медицинской физики и работает в г. Мюнхен, Германия.

Дирк Вандербрюке – исследователь в сфере инновационных технологий, применяемых в системах Agfa Radiology Solution. Будучи старшим научным сотрудником, он принимал участие в фундаментальных исследованиях традиционных пленочно-экранных систем на основе галогенидов серебра и в разработке систем CR и DR. Он является активным участником разнообразных рабочих группах международных комитетов по стандартизации. Д-р Вандербрюке получил степень PhD по физике в университете Гента.

* AGFA не поставляет свои маммографические решения в США/Канаду.

Agfa, логотип Agfa в виде ромба и MUSICA являются товарными знаками компании Agfa-Gevaert NV, Бельгия, или ее филиалов. Все права защищены. Вся представленная здесь информация предназначена только для целей общего ознакомления, а характеристики продукции и услуг, описанные в настоящей публикации, могут быть изменены в любое время без предварительного уведомления. Некоторые продукты и услуги компании могут быть недоступны в вашем регионе. Чтобы получить информацию об их наличии, свяжитесь с местным торговым представителем. Компания Agfa-Gevaert NV прилагает все усилия для предоставления заинтересованным лицам максимально точной информации о своей продукции и услугах; при этом компания не несет ответственности за возможные типографские ошибки и опечатки.

© 2019
Agfa NV
Все права защищены
Опубликовано компанией Agfa NV
B-2640 Mortsel – Belgium (Бельгия)
P1896 GB 00201904

AGFA