

Опыт использования цифровой маммографии

Г.П. Корженкова, Б.И. Долгушин
РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН, Москва

Контакты: Галина Петровна Корженкова gkorzhenkova@mail.ru

Использование цифровой техники в маммографии стало последним шагом в завершении процесса дигитализации в диагностическом отображении. Предполагалось, что для цифровой маммографии потребуется подобное пространственное решение, так же как и для систем рентгеновской пленки с усиливающим экраном с высокой разрешающей способностью, используемых в обычной маммографии, и что цифровые методы будут ограничены размером пикселя цифрового датчика при обнаружении маленьких структур, таких как микрокальцинаты. Внедрение цифровых технологий в маммографии сопровождается осуществлением жесткого контроля за изображением и гарантирует высокое его качество.

Ключевые слова: рак молочной железы, маммография, рентгенография, цифровые технологии

Experience with digital mammography

G.P. Korzhenkova, B.I. Dolgushin

N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

The use of digital techniques in mammography has become a last step for completing the process of digitization in diagnostic imaging. It is assumed that such a spatial decision will be required for digital mammography, as well as for high-resolution intensifying screen-film systems used in conventional mammography and that the digital techniques will be limited by the digitizer pixel size on detecting minor structures, such as microcalcifications. The introduction of digital technologies in mammography involves a tight control over an image and assures its high quality.

Key words: breast cancer, mammography, X-ray study, digital technologies

Введение

Методика осуществления маммографического обследования и четкое соблюдение технологического процесса имеют решающее значение в диагностике рака молочной железы (РМЖ). Проведение скрининговых маммографических обследований у женщин в возрасте старше 40 лет способствует снижению у них уровня смертности до 50% (S.A. Feig, 2002). Широкое применение рентгеновской маммографии при осуществлении профилактических (диспансерных) обследований женщин старше 40 лет требует введения стандарта качества для персонала, оборудования, интерпретации полученной информации. Внедрение цифровых технологий в маммографии сопровождается осуществлением жесткого контроля за изображением и гарантирует высокое его качество. Немногие области рентгенологии в такой степени зависят от качества изображения, как рентгеновская маммография.

Рентгеновская маммография является последней областью рентгенологии, в которой будет осуществлен переход от аналогового изображения к цифровому. Цифровые системы требуют наличия

высокой контрастности и разрешающей способности для выявления объемных образований и микрокальцинатов.

Возможности цифровой маммографии были ограничены размером пикселя детектора в обнаружении мельчайших структур изображения. Последние международные исследования продемонстрировали широкие возможности использования цифровых технологий в рентгеновской маммографии для визуализации РМЖ на фоне плотной паренхимы (ACR 3–4-го типа). При осуществлении аналоговой маммографии подобные опухоли невозможно было дифференцировать от нормальной плотной ткани молочной железы. В этом контексте цифровые технологии предполагают лучшее выявление объемных образований на фоне плотной ткани молочной железы благодаря более высокой эффективности поглощения фотонов рентгеновского излучения, широкому динамическому диапазону и низким шумовым характеристикам цифровой системы.

Цель исследования — оценка ключевых исследований, статуса и перспективы развития цифровых технологий в маммографии.

История цифровой маммографии началась с внедрения в клиническую практику детекторов на основе CCD-технологии для выполнения прицельных снимков и стереотаксической биопсии. Подобный детектор наибольшего размера (49 × 85 мм) использовали в цифровой приставке OPDIMA (Siemens, Германия). Данная технология не получила своего дальнейшего развития по причине того, что создание полноформатного детектора для проведения стандартного маммографического обследования считалось невозможным (из-за низкой квантовой эффективности и низкого пространственного разрешения) [1–3].

Аналоговая маммография — это компромисс между дозой облучения и качеством изображения.

Для уменьшения дозовой нагрузки в аналоговых системах используют специальные усиливающие экраны. Рентгеновское излучение, прошедшее через объект (молочную железу), попадает на экран люминофора. В результате возникает сцинтилляция множества легких фотонов, которые оказывают воздействие на пленку.

Важным параметром является толщина усиливающего экрана. Толстые экраны захватывают больше рентгеновского излучения, соответственно их дозовая эффективность выше. В этих экранах рассеивание люминесцентного излучения выше, в результате чего изображение на пленке получается менее четким. Системы рентгеновской пленки с усиливающим экраном, которая одновременно обладала бы самой высокой разрешающей способностью и самой низкой дозой облучения, пока не существует. Таким образом, области с высокой и низкой плотностью отражаются субоптимально.

На данном этапе пока не представляется возможным выбрать параметры экспозиции, которые одинаково хорошо позволяли бы визуализировать кожу, подкожную клетчатку, ткань молочной железы и микрокальцинаты.

К основным недостаткам аналоговой маммографии относят:

- невозможность изменения характеристик снимка после выполнения экспозиции;
- ограничения при диагностике небольших малоконтрастных образований;
- трудоемкий процесс проявки, необходимость использования складских помещений;
- ограниченную возможность применения компьютерных диагностических программ.

Цифровые системы маммографии

Понятие «цифровая маммография» объединяет в себе несколько видов технологий, отличающихся типом используемой системы получения изображе-

ния. В клинической практике наибольшее распространение получили 3 типа цифровых маммографических систем:

1) система, в которой использовали детектор на базе CCD-матрицы (в связи с недостаточностью динамического диапазона и наличием высокого уровня шумов применение его в полноформатной маммографии было прекращено);

2) компьютерная радиография (КР) на базе кассет с запоминающей люминофорной пластиной и дигитайзером (устройство для считывания информации и получения цифрового изображения на экране монитора). Получение цифрового изображения с использованием КР осуществляется в несколько этапов: экспонирование кассеты, перенос кассеты из кассетоприемника маммографа в дигитайзер, считывание данных с кассеты и передача данных на рабочую станцию, очистка кассеты для подготовки к новому исследованию;

3) полноформатная цифровая маммография с применением цифровых детекторов 2 видов — с непрямой и прямой преобразованием цифрового сигнала.

В самых ранних цифровых системах маммографии (производства США) использовали детекторы непрямого преобразования. Эти детекторы характеризуются двухступенчатым процессом. Вначале слой сцинтиллятора типа йодида цезия с таллием захватывает энергию рентгеновских лучей и преобразует ее в энергию фотонов. Слой диодов конвертирует фотоны в электронные сигналы. Подобно усиливающему экрану происходит рассеивание пучка излучения, вследствие чего достигается компромисс между пространственной разрешающей способностью и чувствительностью.

В детекторах с прямой преобразованием сигнала явления рассеивания устранены. В этих системах фотопроводник поглощает рентгеновское излучение и благодаря направленному действию преобразует его в электрический сигнал. Под влиянием внешнего электрического поля заряженные частицы передвигаются строго по направлению электрического поля, без бокового рассеивания. Верхний фотопроводник для прямых конверсионных систем — аморфный селен.

Маммография требует обнаружения чрезвычайно малых объектов (микрообызвествления размерами от 50 мк). Предел разрешающей способности — функция светорассеивания в сцинтилляторе (соответствует 100 мк при непрямом преобразовании). Следует отметить, что в детекторах непрямого преобразования размер элемента изображения не отражает фактической характеристики разрешающей способности. В прямом цифровом детекторе пространственная разрешающая способность

ограничена только размером элемента изображения и составляет от 50 до 100 мк.

Таким образом, размер элемента изображения в современных системах представляет компромисс между пространственной разрешающей способностью и стоимостью системы, поскольку связан с увеличением затрат на хранение цифровой информации и повышением требований к дисплеям.

Качество цифровой маммографической системы определяется следующими показателями:

- рентгеновский детектор (высокая квантовая эффективность, соотношение сигнал — шум, пространственная разрешающая способность и др.);
- процесс обработки сигнала;
- параметры дисплея рабочей станции (высокие показатели контраста и яркости, разрешающая способность матрицы ≥ 5 Мп).

Использование специальных маммографических мониторов с разрешением ≥ 5 Мп имеет принципиальное значение для диагностики РМЖ. Применение мониторов с более низкими характеристиками приводит к потере информации, получаемой с помощью детектора или пластины люминофора, и соответственно к ложноотрицательным результатам.

Использование методов цифровой обработки и анализа данных при чтении маммограмм

Цифровая маммография предполагает выполнение анализа изображения на мониторах специализированной рабочей станции врача. В распоряжение рентгенолога предоставляется широкий арсенал средств цифровой обработки и анализа изображений. Использование функций изменения контрастности, яркости, увеличения инверсии и других позволяет получить максимальную информацию и оптимизировать диагностический процесс.

Цифровые маммографы нового поколения оснащены высокопроизводительными процессо-

рами рабочих станций или имеют централизованную PACS (Picture Archiving and Communication System — система передачи и архивации изображений) и позволяют управлять большими объемами данных при минимальных затратах времени. Рабочие станции оснащены двумя 5-мегапиксельными мониторами, на которых проводится анализ изображения.

Материалы и методы

В Российском онкологическом научном центре им. Н.Н. Блохина в течение 10 мес проходила апробация КР-системы фирмы Carestream Health (в прошлом Kodak, США). Проведено обследование 5010 женщин, обратившихся в онкологический центр по разным причинам (табл. 1). Некоторые пациентки ($n = 932$) прошли обследование по месту жительства с положительным диагнозом РМЖ, после чего были направлены на консультацию, другие ($n = 615$) имели на руках маммографические снимки низкого качества либо выполненные только в одной проекции, что не позволяло без дополнительного исследования установить диагноз. Из всех обследованных пациенток у 672 были выявлены изменения, классифицируемые как Bi-Rads 4 и Bi-Rads 5 (подозрение на злокачественное образование или однозначно злокачественное образование).

При работе на апробируемой системе особое внимание заслуживает методика чтения цифровых маммографических изображений, несоблюдение которой может привести к получению высокой доли ложноотрицательных результатов. При поддержке фирмы-производителя были опробованы 2 математические модели обработки цифрового изображения и создан стандартный подход к анализу цифровых маммограмм. Даже небольшой опыт работы с цифровыми технологиями в маммографии показал необходимость повышенного внимания врача-рентгенолога к соблюдению

Таблица 1. Результаты маммографического обследования

Результат обследования	1-я группа ($n = 615$)		2-я группа ($n = 4395$)	
	низкое качество исследования ($n = 330$)	снимки в 1 проекции ($n = 285$)	первичное обращение ($n = 1092$)	контрольное исследование после операции ($n = 3303$)
Объемное образование	215	106	200	1
Микрокальцинаты	69	1	70	1
Изменения архитектоники	3	3	1	0
Асимметрия плотности	1	1	0	0
Отсутствие патологии	42	174	821	3301
Подтвержденный РМЖ	288	111	271	2

дисплей-протокола. В основе рекомендаций лежит обязательный просмотр всех маммографических изображений в 100 % режиме (пиксель к пикселю). Многие рентгенологи удовлетворяются просмотром изображения 1 проекция на 1 экран монитора. При подобном просмотре врач получает около 48 % информации об истинном изображении молочной железы. В подобных условиях могут быть пропущены мельчайшие изменения и мелкие объемные структуры, что приводит к получению ложноотрицательных результатов и отсутствию использования всех возможностей цифровых технологий. В апробируемой нами системе применяется дисплей-протокол, не позволяющий завершить исследование без полного просмотра 100 % изображения. В будущем требуется создание единого обязательного дисплей-протокола, который не позволит закончить исследование без полного просмотра 100 % изображения.

В ходе работы мы обратили внимание на высокие возможности цифровых систем в выявлении узловых образований у женщин с рентгенологически плотной тканью молочной железы. Однако в связи с малой выборкой пациенток сделать серьезные выводы в настоящее время не представляется возможным.

В мультицентровом исследовании по программе Осло I проведено сравнение прямого увеличения аналоговой маммографии и изменения масштаба цифровой маммографии (ZOOM) при выявлении микрокальцинатов. Цифровые системы продемонстрировали высокую диагностическую точность, эквивалентность возможностей пленочной и цифровой маммографии (табл. 2).

Обработка цифрового изображения с изменением масштаба приводит к уменьшению необходимости осуществления дополнительных снимков

Таблица 2. Сравнение прямого увеличения аналоговой маммографии и масштабирования цифровой маммографии

Показатель	Прямое увеличение	ZOOM
Чувствительность, %	97,5	96,3
Специфичность, %	39	38,6
Точность, %	61	59,9

с увеличением и соответственно к сокращению общей дозовой нагрузки исследования.

На основании результатов 3-летнего исследования по сравнению эффективности применения цифровой и аналоговой маммографии при скрининге РМЖ, проведенного в США и Канаде, были подтверждены данные о том, что цифровая маммография обеспечивает превосходящую точность диагностики при обследовании женщин в возрастной группе от 40 до 50 лет (с рентгенологически плотными молочными железами).

Выводы

1. Цифровая маммография является перспективным методом диагностики РМЖ.
2. Цифровая маммография может стать методом выбора в скрининговых и диагностических исследованиях.
3. Преимущества цифровой маммографии: сокращение дозовой нагрузки, возможность автоматизированного анализа изображения, использование телемедицины, цифровое архивирование данных.
4. Обеспечение высоких стандартов качества маммографического обследования при правильной установке системы и дальнейшем техническом обслуживании.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Pisano E.D., Gatsonis C., Hendrick E. et al. Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast-cancer screening. *N Engl J Med* 2005;353:1773–83.
 2. Berry D.A., Cronin K.A., Plevritis S.K. et al. Effect of screening and adjuvant therapy on mortality from breast cancer. *N Engl J Med* 2005;353:1784–92.
 3. Lewin J.M., Hendrick R.E., D’Orsi C.J. et al. Comparison of full-field digital mammography with screen-film mammography for cancer detection rates:

results of 4,945 paired examinations. *Radiology* 2001;218:873–80.
 4. Lewin J.M., D’Orsi C.J., Hendrick R.E. et al. Clinical comparison of full-field digital mammography and screen-film mammography for detection of breast cancer. *Am J Roentgenol* 2002;179:671–7.
 5. Skaane P., Young K., Skjennald A. Population-based mammography screening: comparison of screen-film and full-field digital mammography with soft-copy reading — Oslo I Study. *Radiology* 2003;229:877–84.

6. Skaane P., Skjennald A. Screen-film mammography versus full-field digital mammography with soft-copy reading: randomized trial in a population-based screening program — the Oslo II Study. *Radiology* 2004;232:197–204.
 7. Skaane P., Balleyguier C., Diekmann F. et al. Breast lesion detection and classification: comparison of screen-film mammography and full-field digital mammography with soft-copy reading — Observer Performance Study. *Radiology* 2005;237:37–44.