

В первом весеннем номере МБ мне кажется естественным поговорить о женщинах, а поскольку наш цикл статей посвящен рентгеновской технике, то на Ваш суд будет представлена статья о рентгеновских маммографах, аппаратах, которые используются для получения рентгеновского снимка молочной железы. Мы не станем углубляться в медицинские проблемы РМЖ, так как автора более волнуют технические аспекты исследования женской груди.

Чтобы напугать читателя следует сообщить, что около 1% женщин подвержено заболеванию раком молочной железы (РМЖ). Для женщин в возрасте более 50 лет смертность от РМЖ среди всех случаев смертности от рака составляет 25-30% (и это – правда). Вообще, в развитых странах мира маммография (а не флюорография) является рутинным массовым профилактическим обследованием.

Теперь о проблемах. Женская грудь (см. Рис. 1, 2, 3) – объект достаточно сложный для точной диагностики. Так, например, рентгенография объектов с характерным размером порядка 1 мм на фоне плотной железистой ткани не всегда обладает диагностической значимостью. Поэтому помимо рентгеновского метода активно развиваются методы УЗИ - диагностики, МР - томографии, термографии, а также методы импедансного и лазерного скрининга. «Но это – уже совсем другая история».

Небольшой объем статьи не позволяет рассказать обо всех производителях маммографов, мы выбрали несколько наиболее типичных аппаратов. Если у Вас возникли дополнительные вопросы – звоните (095)-742-41-60 – Коммерческий директор ЗАО АМИКО, В.В. Уваров. [www.amico.ru](http://www.amico.ru)

## Глава 5. МАММОГРАФЫ

*«Какой волшебною тоскою  
Стеснялась пламенная грудь»  
А.С. Пушкин. Евгений Онегин.*

Рак молочной железы, обычно начинается во внешнем верхнем квадранте груди (подмышечная область), которая чрезвычайно неудобна для просвечивания. Сегодня большинство современных маммографов оснащено штативами, способными выполнить снимок молочной железы при вертикальном расположении пациентки (Рис. 1).

Та, часть штатива, которую можно назвать С-дугой может вращаться вокруг горизонтальной оси. Сама С-дуга может двигаться по вертикали (так как пациентки, естественно, имеют разный рост).



Рис. 1 Позиционирование пациентки на маммографе МЕЛОДИ

Существует школа, которая отрицает вертикальное позиционирование пациентки в пользу более естественного – горизонтального (Рис. 2). Теория утверждает, что грудная мышца движется, если пациентка находится в вертикальном положении, что приводит к нечеткости изображения. Эта проблема решается в обычных маммографах уменьшением времени экспозиции или усилением компрессии.

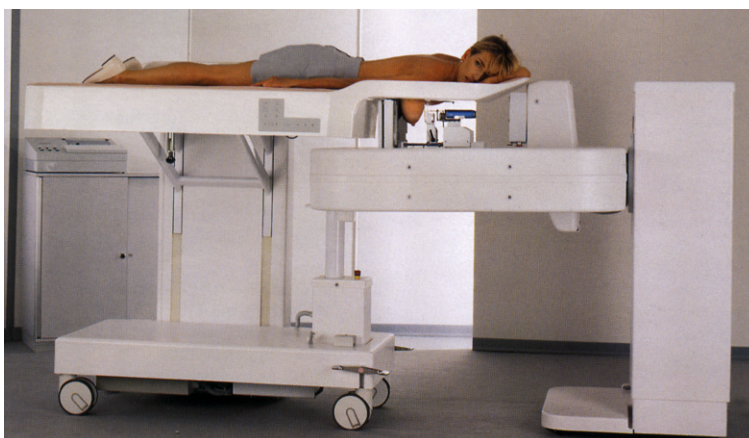


Рис. 2 Позиционирование пациентки на маммографе ДЖОТТО

## Физические аспекты маммографии

При маммографии используется низкоэнергетический диапазон рентгеновского излучения, при этом анодное напряжение изменяется в диапазоне от 15 до 40 кВ. В этом диапазоне при минимальной дозе, получаемой пациенткой, достигается максимальное отличие в рентгеновском отображении патологических и нормальных тканей.

В этом диапазоне для получения хорошего изображения приходится бороться за детали, на которые влияют:

- пульсации анодного напряжения;
- материал анода и фильтра, определяющие форму спектра рентгеновского излучения;
- минимальный размер фокуса;
- неоднородность потока рентгеновского излучения относительно окошка излучателя.

Современное рентгеновское питающее устройство для маммографии максимально приближено к источнику высокого постоянного напряжения (среднечастотный или высокочастотный инвертор, РПУ постоянного потенциала). Прецизионное РПУ обеспечивает шаг изменения напряжения – 1 кВ в диапазоне 15 – 40 кВ и производство тока на время экспозиции до 600 мАс при длительности экспозиции от 0,01 до 6 сек.

В последнее время получили распространение высокочастотные питающие устройства (частота инвертора 100 кГц), что обеспечивает практически полное отсутствие пульсаций анодного напряжения и, соответственно, уменьшает количество рассеянного излучения.

В маммографии применяются микрофокусные трубки (0,1 и 0,3 мм) с вращающимся анодом, что позволяет достичь требуемых величин по теплоемкости анода и скорости его остывания. Минимальная теплоемкость анода для маммографии не должна быть ниже 300 кНУ (тепловых единиц). Рентгеновская трубка находится внутри излучателя с бериллиевым окном. Для дополнительной фильтрации рентгеновского излучения применяют молибденовые (Mo), алюминиевые (Al) и родиевые (Rh) фильтры. Фильтры срезают низкоэнергетическую часть рентгеновского спектра, которая не участвует в образовании рентгеновского изображения на пленке. Для уменьшения доли рассеянного излучения в формировании изображения используют растр.

На сегодняшний день распространены пять сочетаний материала анода и фильтра: молибден/молибден, вольфрам/молибден, вольфрам/родий, молибден/родий и родий/родий. При маммографии молочная железа сильно сжимается компрессионными лопатками. При компрессионной толщине молочной железы от 2,5 до 4,5 см оптимально использовать сочетания молибден/молибден и вольфрам/молибден. В последнем случае доза при обследовании меньше и рентгеновская трубка работает в облегченном термальном режиме.

Сочетания молибден/родий и родий/родий целесообразно использовать при компрессионной толщине молочной железы от 4,5 до 6 см. Сочетание вольфрам/родий снижает дозу при обследовании и улучшает термальный режим работы трубки. Это сочетание рекомендовано для обследования плотных молочных желез.

Все современные производители предлагают устройства автоматической экспонометрии (АЭ), которые способны прекратить экспозицию при достижении определенной дозы. В качестве рентгеновского датчика в таких системах обычно используют поверхностно-барьерный полупроводниковый детектор (ППД), фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) или набор фотодиодов. Существуют два метода реализации съемки с экспонометром. В первом, рентгенолог выбирает кВ для обследования, а экспонометр контролирует количество мАс. Во втором случае происходит предварительная экспозиция, и экспонометр выбирает кВ и мАс для обследования автоматически. Самые сложные системы контроля экспозиции могут автоматически подобрать подходящий фильтр.

Диафрагма формирует зону облучения. Рентгеновская трубка располагается катодной частью к пациентке (к основанию молочной железы), поскольку радиационный выход несколько больше с катодной стороны окна излучателя.

На качество изображения при маммографии влияют три геометрических фактора – размер фокального пятна, расстояние фокус/пленка и расстояние объект/пленка. Чем меньше фокус, тем мельче минимально различимый объект. Чем больше расстояние фокус/пленка, тем четче изображение, но увеличение этого расстояния требует квадратичного увеличения силы тока. Обычный диапазон величины фокус/пленка от 30 до 80 см. Расстояние объект/пленка также влияет на четкость изображения, чем меньше эта величина при неизменном расстоянии фокус/пленка, тем лучше изображение.

В конечном итоге качество изображения, как всегда, зависит от сочетания рентгеновская пленка/усиливающий экран-методика фотообработки. Маммографическая пленка отличается мелкозернистой эмульсией, фоточувствительной в зеленой области спектра. Кассеты, используемые в маммографии, снабжены одним редкоземельным и мелкозернистым экраном. Для обработки пленки рекомендованы проявочные машины.

Увеличение расстояния объект/пленка используют для получения увеличенных изображений молочной железы, что иногда освобождает от необходимости делать биопсию.

Системы для взятия биопсии позволяют точно ввести иглу в опухоль, что увеличивает вероятность правильной диагностики, уменьшает болезненность процедуры и практически не оставляет шрамов.

## Системы маммографического стереотаксиса.

Сегодня на рынке присутствует два типа систем для стереотаксиса и биопсии: специализированные устройства и приставки к маммографам.

Для выполнения биопсии, применяют специальную компрессионную лопатку с множеством отверстий, которая позволяет удобно вводить иглу. После того, как молочная железа сжата, а пациентка позиционирована, выполняют как минимум два снимка под углами  $\pm 15^{\circ}$ , чтобы получить стерео изображение молочной железы и локализовать зону отбора пробы. Снимки выполняются на пленку (в последнее время появились системы с цифровыми детекторами рентгеновского излучения), а затем вручную или с помощью компьютера задается точка, в которую должна попасть игла для биопсии. Пациентка все это время лежит неподвижно (Рис. 3) (под местным или общим наркозом). Игла вводится вручную или электромеханически, затем делается контрольный снимок, который подтверждает положение иглы, и отбирается проба.

В России выпускался и до сих пор кое-где используется маммограф «Электроника», производства завода СВЕТЛАНА, Ленинград. С современной точки зрения он не выдерживает никакой критики и давно снят с производства, но в свое время этот аппарат сыграл свою роль в становлении отечественной системы профилактики РМЖ. В нем использована остроумная система вакуумного прижима пленки к кассете, специальная отечественная маммографическая рентгеновская трубка с вращающимся молибденовым анодом, а с ценовой точки зрения он был бесплатным по сравнению с современными импортными маммографами. В 1994-95 году была совершена попытка создать новую модель отечественного маммографа 5М2, но в это время правительство подписало контракт с фирмой Филипс и в г. Истра была налажена сборка аппарата МАММОДИАГНОСТ, ныне МД-РА производства ТМО НИИЭМ, что поставило крест на всех отечественных

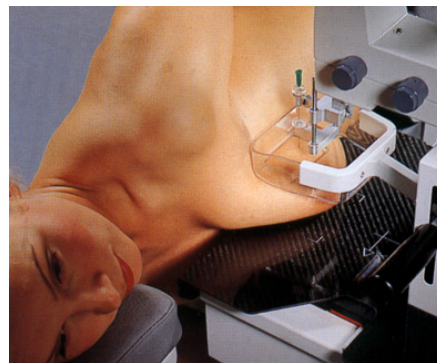


Рис. 3 Взятие биопсии

разработках. За последние годы было собрано около 400 маммографов МД-РА, которые «бесплатно» распространялись по ЛПУ, что тоже никак не помогло формированию рынка этих аппаратов.

К 2000 году поставки МД-РА стали уменьшаться и ЗАО «Медицинские технологии», г. Москва наладило сборку маммографов МАММО-МТ из импортных комплектующих. В Таблице 1 приведены сравнительные характеристики двух маммографов отечественной сборки и аппарата АЛЬФА СТ, фирмы ИНСТРУМЕНТАРИУМ, который на сегодняшний день является лидером по продажам среди импортных маммографов.

Наша фирма уже много лет сотрудничает с концерном ИНСТРУМЕНТАРИУМ и предлагает маммограф АЛЬФА, который по нашему мнению на сегодняшний день превосходит большинство импортных маммографов по соотношению цена/качество. Наши инженеры прошли обучение на заводе ИНСТРУМЕНТАРИУМА в Финляндии и обладают большим опытом сервисного обслуживания рентгеновской техники. Мы всегда открыты к сотрудничеству и готовы подобрать для Вас оптимальную конфигурацию маммографа.

Звоните, будем рады ответить на Ваши вопросы (095)-742-41-60 – Коммерческий директор ЗАО АМИКО, В.В. Уваров. [www.amico.ru](http://www.amico.ru)

Таблица 1 Характеристики маммографов наиболее распространенных в России.

<b>Модель</b>	<b>АЛЬФА СТ</b>	<b>МАММО-МТ</b>	<b>МД-РА</b>
<b>Производитель</b>	<b>ИНСТРУМЕНТАРИУМ Финляндия</b>	<b>ЗАО «Медицинские технологии», Россия</b>	<b>ТМО НИИЭМ, Россия</b>
<b>Тип РПУ</b>	Высокочастотное, 3,6 кВт, 100 кГц	Высокочастотное, 2,5 кВт	Высокочастотное, 3,3 кВт
<b>Диапазон кВ</b>	20-35 с шагом 1 кВ	22-35 с шагом 1 кВ	20-49 с шагом 1 кВ
<b>Диапазон мАс</b>	4 - 600	1,7 - 480	5 - 600
<b>Время экспозиции, сек</b>	0,05 - 6	0,1 – 5,0	0,5 - 6
<b>Экспонетр</b>	ППД	фотодиоды,	есть
<b>Контролируемые параметры</b>	Время, кВ, компенсация толщины	Время, кВ	
<b>Количество сочетаний экран/пленка</b>	42	9	
<b>Рентгеновская трубка</b>			
Тип анода	Mo, Вращающийся	Mo, Вращающийся	Mo, Вращающийся
Теплоемкость, кНУ	300	300	270
Рассеяние тепла кНУ/мин	60	60	
Комбинация анод/фильтр	Mo/Mo, Mo/Rh	Mo/Mo, Mo/Rh	Mo/Mo, Mo/Rh
Размер фокальных пятен, мм	0,1 и 0,3	0,1 и 0,3	0,1 и 0,3
<b>Движения штатива:</b>			
Повороты, град.	- 135, +180	- 165, +185	- 115, +180
Вертикальное движение, см	118	75	
Расстояние фокус/пленка, см	60	65	72
<b>Растр</b>	5:1, 36 линий/см	5:1, 31 линий/см	5:1
<b>Устройство увеличения изображения</b>	1,6; 1,8; 2	1,5	
<b>Габариты, см</b>	224x30x92	196x65x152,5	199,5x132x188
<b>Вес, кг</b>	240	320	545