

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ С КОНТРАСТНЫМ УСИЛЕНИЕМ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ УЗЛОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ

Серебрякова С.В.¹, Труфанов Г.Е.¹, Фокин В.А.¹, Юхно Е.А.²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный Федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральное Государственное Бюджетное Военное Образовательное Учреждение Высшего Образования «Военно-Медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства Обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Труфанов Геннадий Евгеньевич
ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
E-mail: trufanovge@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.06.2016
и принята к печати 13.10.2016.

Резюме

Ведущее место в структуре заболеваемости новообразованиями у женщин занимает рак молочной железы. По данным традиционных рентгенологических методов далеко не всегда можно ответить на вопрос о морфологической природе выявленного образования, особенно у женщин репродуктивного возраста с развитой железистой тканью. Поэтому в настоящее время понятен возросший интерес ученых к использованию в клинической маммологии высокопольной МРТ.

С применением МР-маммографии с динамическим контрастным усилением было обследовано 170 женщин в возрасте 23–75 лет, имеющих узловые образования молочных желез, из них у 93 (54,7%) выявлен рак молочной железы, 64 (37,7%) — фибroadеномы, 9 (5,2%) — локализованный фибroadеноматоз, 4 (2,4%) — образования воспалительной природы.

Представлена усовершенствованная методика проведения МР-маммографии с динамическим контрастным усилением молочных желез.

Ключевые слова: Магнитно-резонансная маммография, контрастное усиление, рак молочной железы, доброкачественные образования

Для цитирования: Трансляционная медицина. 2016; 3 (5): 82–94.

THE MAGNETIC RESONANCE MAMMOGRAPHY WITH DYNAMIC CONTRAST ENHANCEMENT IN THE DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF BREAST NODES

Serebryakova S.V.¹, Trufanov G.E.¹, Fokin V.A.¹, Yukhno E.A.²

¹ Federal Almazov North-West Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

² Federal state budgetary military educational institution of higher education «Military Medical Academy named after S.M.Kirovdefence of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia.

Corresponding author:

Gennady E. Trufanov
Federal Almazov North-West Medical
Research Centre
Akkuratova str. 2, Saint Petersburg, Russia,
197341
E-mail: trufanovge@mail.ru

Received 22 June 2016; accepted 13 October 2016.

Abstract

The breast cancer is on the first place among all the maligncies in women. Conventional non-invasive imaging isn't able to develop the nature of lesion in all cases, especially in the women of fertile age with well-developed gland tissue.

This article deals with analysis of magnetic resonance mammography data with dynamic contrast enhancement of 170 women age 23–75, with nodes in the mammary glands. 93 (54,7%) cases were cancers diagnosed, 64 (37,7%) — fibroadenomas, 9 (5,2%) — localized fibroadenomatosis, 4 (2,4%) — inflammatory mass. The algorithm of magnetic resonance mammography with dynamic contrast enhancement is described.

Key words: breast cancer, dynamic magnetic resonance mammography, contrast enhancement, benign neoplasias, fibroadenomatosis, signal intensity.

For citation: Translyatsionnaya meditsina = Translational Medicine. 2016; 3 (5): 82–94.

Введение

Одной из важнейшей проблемой современной онкологии является проблема раннего выявления опухолей молочной железы с определением распространенности и стадии опухолевого процесса.

В структуре заболеваемости злокачественными образованиями у женщин рак молочной железы прочно занимает первое место и, несмотря на предпринимаемые меры по борьбе с ним, сохраняет тенденцию увеличения частоты, с поражением в значительном проценте женщин социально активного возраста [1].

На современном этапе развития для первичного лучевого обследования пациенток с заболеваниями молочной железы, как правило, используют рентгеновскую маммографию и ультразвуковое исследование (УЗИ).

Лучевые методы всегда занимали ведущее место в диагностике узловых образований молочных желез. При этом рентгеновская маммография признается «золотым стандартом» в диагностике заболеваний молочных желез [2, 3]. Однако, по мнению многих авторов, она имеет существенные недостатки:

- не позволяет однозначно трактовать природу узловых образований у женщин с плотным фоном железистой ткани, когда невозможно дифференцировать границы опухоли,
- мультицентричность процесса;
- трудности изучения ретромаммарного пространства;
- низкая информативность в выявлении узловых образований на фоне инфильтративных и рубцовых изменений.

По данным некоторых авторов у женщин молодого возраста с помощью маммографии не удается обнаружить от 5 до 40% пальпируемых злокачественных образований молочных желез [4].

Поэтому основным неинвазивным методом, заслуженно получившим широкое распространение в маммологии, в настоящее время является УЗИ. Большинство ученых отмечают, что применение УЗИ позволяет четко дифференцировать структуру железы [5, 6]. Однако, по мнению других исследователей, данный метод имеет определенные ограничения, обусловленные пределами его возможностей:

- низкую информативность при жировой инволюции,
- трудности при выявлении мультицентричности и билатеральности процесса, протокового распространения опухоли.

Часто нераспознанными остаются опухоли, расположенные у грудной клетки в железах большого объема, а также узловые образования менее 1,5 см в диаметре.

Существенным недостатком сонографии является прибор- и операторозависимость [7].

Одним из относительно новых методов исследования молочных желез является магнитно-резонансная маммография (МР-маммография). Благодаря высокой тканевой контрастности, а также возможности получения послойных изображений в любой плоскости без ионизирующего излучения, МР-маммография, в том числе с применением парамагнитных контрастных препаратов является наиболее чувствительным методом в выявлении и дифференциальной диагностике узловых образований молочных желез [8–10].

Цель исследования

Улучшение дифференциальной диагностики узловых образований молочных желез на основе применения магнитно-резонансной маммографии с динамическим контрастным усилением.

Материалы и методы исследования

Всего обследовано 170 женщин с последующим гистологическим подтверждением опухоли молочной железы. Возраст пациенток варьировал в пределах 23–75 лет. Средний возраст женщин с образованиями злокачественной природы составил 43 ± 18 лет, с доброкачественными изменениями — 38 ± 15 лет.

В зависимости от морфологического типа опухолей, обследованные женщины были распределены следующим образом:

- рак молочной железы был выявлен у 93 (54,7%) больных,

- фиброаденомы — 64 (37,7%);
- локализованный фиброаденоматоз — 9 (5,2%);
- образования воспалительной природы — 4 (2,4%).

Начальным этапом диагностики являлся клинический осмотр с тщательным анамнезом. При пальпации у 117 женщин (68,8%) было заподозрено наличие узлового образования, требующее дальнейшего диагностического обследования.

Далее на аппаратах «Ellegra» («Siemens») и «Logiq-700» («General Electric») мультисекторными датчиками с частотами от 5 до 13 МГц было проведено УЗИ молочных желез.

Следующим шагом являлось проведение рентгеновской маммографии на маммографе «Mammodiagnost» фирмы «Phillips». Исследование выполнялось в двух проекциях, при необходимости было дополнено прицельными снимками.

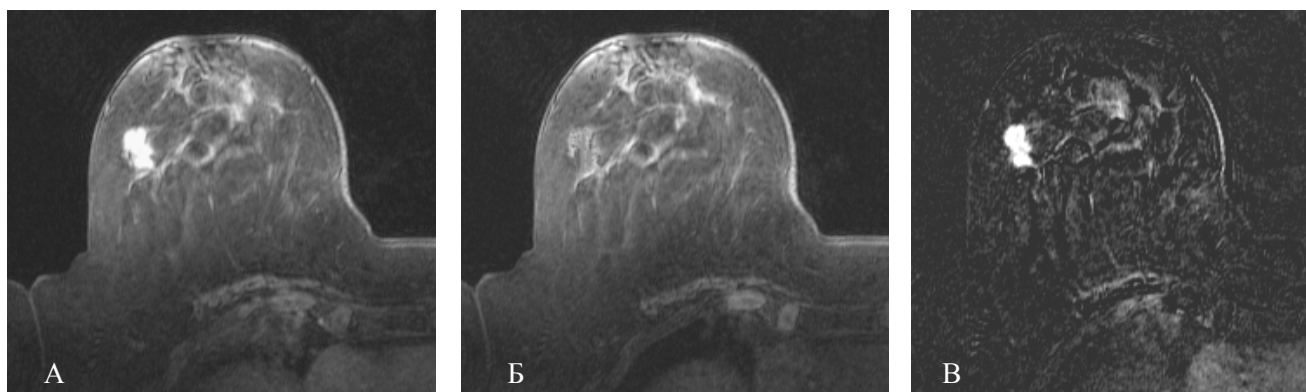
Магнитно-резонансную маммографию выполняли на томографе «Magnetom Symphony» («Siemens») с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. Исследования проводили в положении лёжа на животе с прижатыми к телу руками с использованием специальной поверхностной катушки (breast coil), которая позволяла выполнять дозированную билатеральную компрессию молочных желез для исключения двигательных артефактов. МР-исследование проводили между 6-м и 14-м днями менструального цикла, так как в другие дни может наблюдаться неспецифическое диффузное или очаговое усиление, что может привести к диагностическим ошибкам, так как известно, что кровоснабжение молочных желез, а, следовательно, и накопление их тканями контрастного вещества гормонально обусловлено [11–13].

Для первичной оценки структуры молочных желез выполняли T2-взвешенные изображения (T2-ВИ) без и с использованием жироводавления, поле обзора — не менее 34 см; затем выполняли одну преконтрастную серию T1-ВИ 3D FLASH Fs в аксиальной плоскости. Далее с помощью автоматического иньектора типа «Medrad» внутривенно болюсно вводили парамагнитное контрастное вещество из расчета 0,1 ммоль/кг и после 10–20-секундной задержки выполняли 5 постконтрастных серий без задержки между ними с теми же техническими параметрами в T1-ВИ 3D FLASH Fs в аксиальной плоскости при матрице 512x512 с толщиной среза не более 3–4 мм на T2-ВИ и 0,8–2 мм на T1-ВИ. Далее проводили T1-ВИ 3D FLASH FS последовательность в аксиальной плоскости и вновь повторяли отсроченную постконтрастную серию с теми же техническими параметрами. Импульсные последовательности используемые в обследовании молочных желез представлены в таблице 1 [14, 15].

Таблица 1. Методика магнитно-резонансной томографии молочных желез

Импульсная последовательность	TR	TE	Толщина среза (мм)	Ориентация
t2 tirm tra	7500	70	4	TRA
t2 tse cor 512fs	4980	109	3	COR
t2 tse cor 512	4710	109	3	COR
t2 tse tra 512	4980	109	3	TRA
fl3d 2slab sag views	26	6,41	0,5	SAG
t1 fl3d tra 512 pre	11	4,8	2	TRA
Постконтрастные программы				
fl3d dynamic 1pre 5post tra	4,42	1,67	1,2	TRA
t1 fl3d tra 512 post	11	4,8	2	TRA
t1 fl3d sag 512 post	11	4,8	2	SAG

Рисунок 1. Методика субтракции. Из постконтрастных серий (А) вычитается серия преконтрастных изображений (Б), в результате чего на полученных субтракционных томограммах (В), участки патологического накопления контрастного вещества определяются отчетливо, более четко визуализируются контуры и структура образований



Внутривенное контрастирование проводили препаратами: дотарем («Gerbe»), магневист («Nycomed»), омнискан («Schering AG») с концентрацией гадолиния 0,5 ммоль/л; гадовист 1.0® («Schering AG») с концентрацией гадолиния 1 ммоль/л [9, 12, 16]. На постконтрастных МР-томограммах определяли изменение интенсивности накопления контрастного вещества от образований, оценивали их локализацию, форму, количество, размеры, характер контуров и степень накопления контрастного вещества.

По окончании исследования осуществляли пост-процессорную обработку, которая включала в себя:

1. Методику цифровой субтракции (вычитания), используемую для оценки степени накопления контрастного вещества патологическим образованием (рис. 1).

2. Анализ изображений, обработанных по алгоритму проекций максимальной интенсивности (Maximum Intensity Projection — MIP). Построение MIP-реконструкций позволяет отчетливо визуализировать кровеносные сосуды, питающие ткань молочных желез, а также саму опухоль, интенсивно накапливающую контрастное вещество, и собственную сосудистую сеть опухоли (рис. 2).

Рисунок 2. МР-реконструкция. В молочной железе определяется опухолевый узел (стрелка) с неровным, бугристым контуром и неоднородной структурой. Отчетливо визуализированы кровеносные сосуды, питающие ткань молочных желез, а также собственная сосудистая сеть опухоли (толстая стрелка)

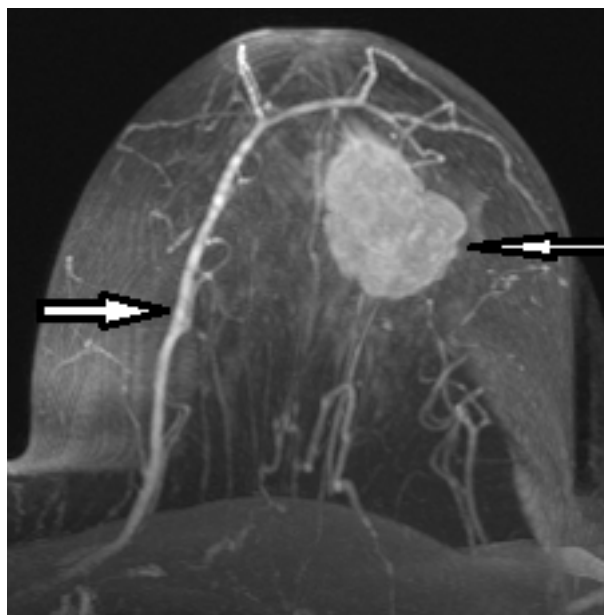
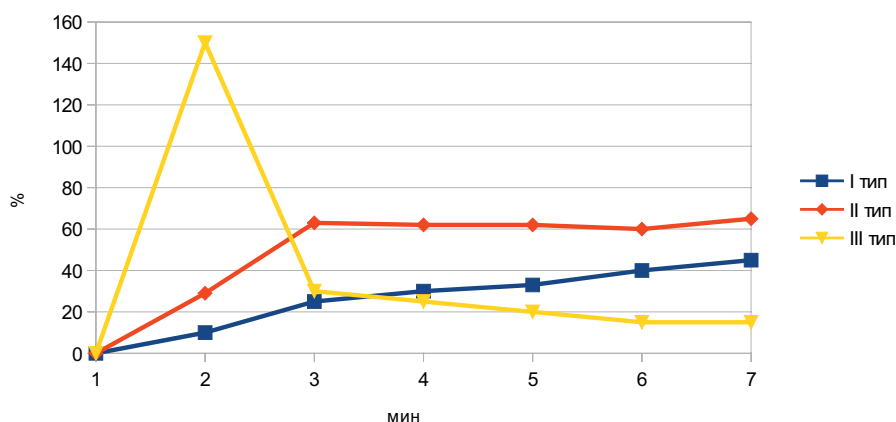


Рисунок 3. Кривые «интенсивность сигнала — время»



3. Анализ динамики захвата и выведения контрастного вещества тканью молочной железы. Данные нескольких серий, полученные в результате динамического сканирования, обрабатываются следующим образом. Выбирается интересующий уровень (срез), на котором четко определяется патологический участок. Выбираются области интереса: в патологическом участке (в центре и периферических отделах образования), в прилежащем сосуде, железистой и жировой ткани. С помощью встроенных в МР-томограф или внешних программных средств анализируется изменение интенсивности МР-сигнала в выбранных областях интереса на всех измеренных сериях динамического сканирования.

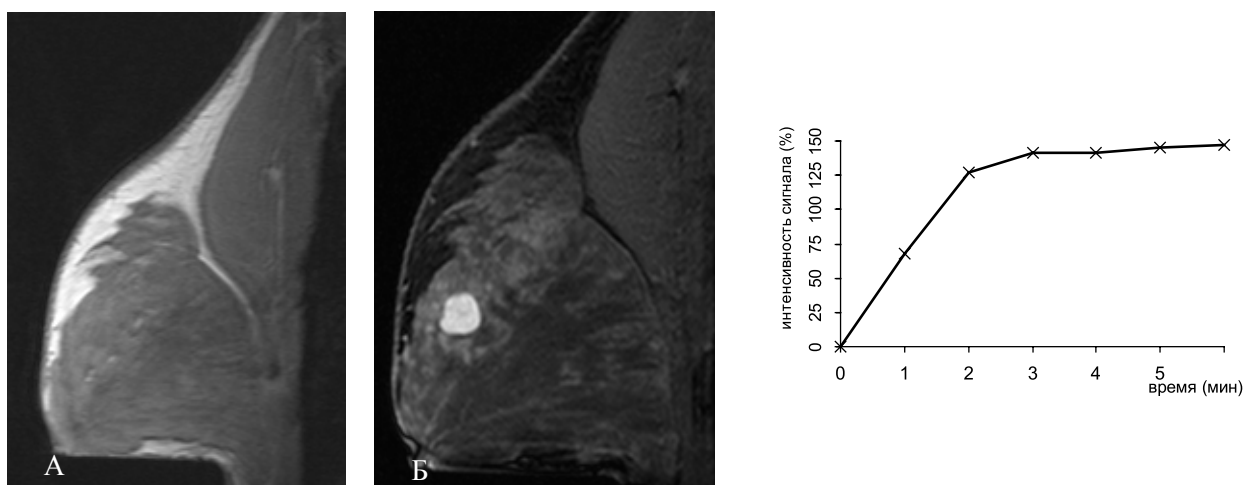
Данные анализа представляли либо в табличном виде, либо в виде графической зависимости изменения интенсивности сигнала от времени при прохождении болюса парамагнитного контрастного средства. Для образований выделено три типа кривых «интенсивность сигнала-время» [9, 12–14, 17] (рис. 3).

I тип — постепенное линейное нарастание интенсивности сигнала в течение длительного времени (до 7–10 мин);

II тип — линейное нарастание интенсивности сигнала в течение 2–3 минут после введения контрастного вещества с последующей фазой плато;

III тип — пик интенсивности сигнала приходится в первые минуты, затем быстрое последующее снижение интенсивности [9, 11, 14].

Рисунок 4. Пациентка Н., 26 лет. Гиперваскуляризированная периканаликулярная фиброаденома левой молочной железы



На МР-маммограмме после внутривенного болюсного введения парамагнитного контрастного вещества в левой молочной железе определяется округлое гиперинтенсивное образование, с четкими, ровными контурами, 8х11х12 мм, однородной структуры (Б). Отмечается быстрый захват до 127% контрастного вещества опухолью и медленное его выведение (Б, график).

0% — принималась интенсивность сигнала от ткани образования до контрастного усиления.

По характеру накопления и выведения контрастного вещества представлялось возможным судить о предположительной морфологической природе образования.

Конечным этапом диагностического алгоритма считали гистологическое подтверждение диагноза.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием процедур и методов статистического анализа (определение числовых характеристик переменных; оценка соответствия эмпирического закона распределения количественных переменных теоретическому закону нормального распределения по критерию Колмогорова-Смирнова; оценка значимости различий средних значений количественных показателей в независимых выборках по Т-тесту Стьюдента; проверка гипотезы о происхождении групп, сформированных по качественному признаку, из одной и той же популяции, проводили на основе построения таблиц сопряженности наблюдаемых и ожидаемых частот; применялся критерий χ -квадрат Пирсона (Pearson Chi-square), при его неустойчивости использовали двусторонний точный тест Фишера (Fisher exact test); логистический регрессионный анализ).

Результаты и их обсуждение

Доброкачественные образования молочных желез были выявлены у 77 пациенток и характеризовались четкими ровными округлыми контурами у 59 (76,6%) женщин с преобладанием продольного размера над радиальным — 51 (66,2%), с однородной

внутренней структурой — 57 (74%), равномерным накоплением контрастного вещества — 55 (71,4%). Интенсивность МР-сигнала чаще ($p < 0,001$) не превышала 75% и характеризовалась постепенным нарастанием в течение всего времени исследования, вплоть до 12 мин. после введения контрастного вещества. При построении кривых «интенсивность сигнала-время» доброкачественные узловые образования молочных желез характеризовались преимущественно I типом — кривая постоянного роста МР-сигнала (87,3%). Высоковаскуляризированные образования встречались в 12,7% случаев, имея II тип накопления контрастного вещества (рис. 4).

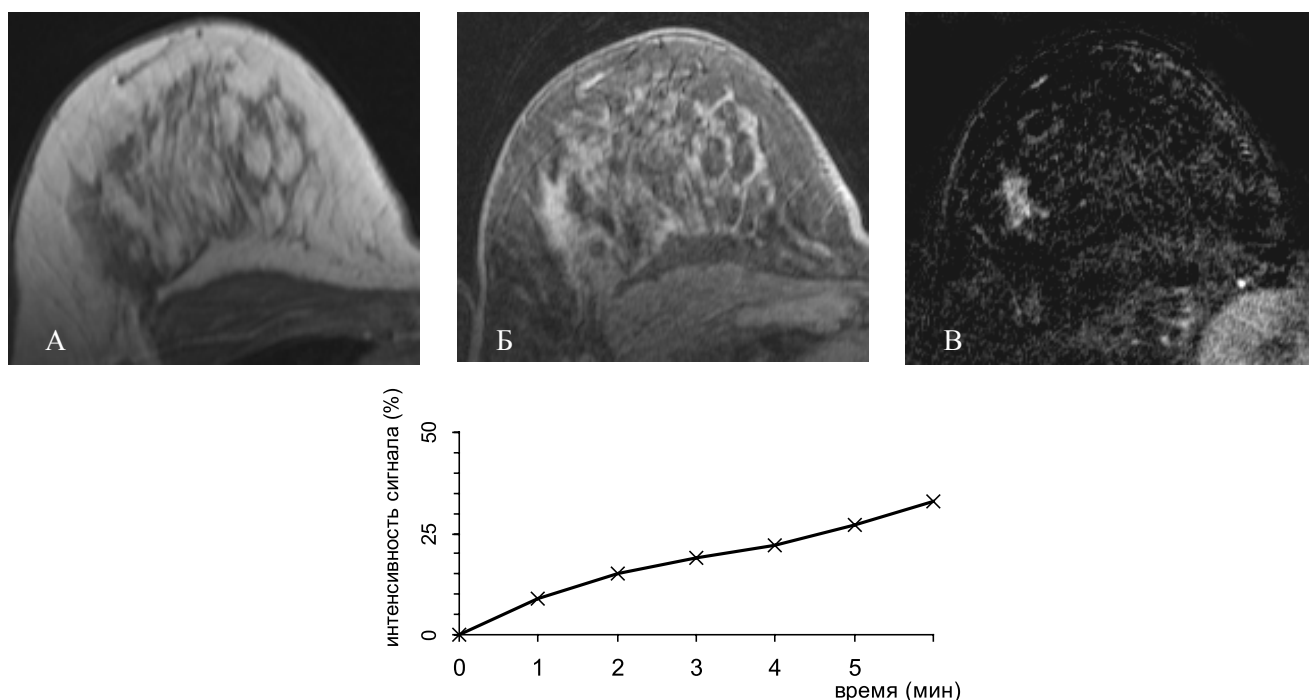
Фиброаденомы и локализованный фиброаденоматоз чаще ($p < 0,001$) характеризовались слабо пониженным сигналом на T1 и T2 ВИ (рис. 5).

У 8 пациенток фиброаденомы и локализованный фиброаденоматоз характеризовались быстрым накоплением контрастного вещества и медленным его выведением, что графически отображалось выходом на плато, а у 1 женщины фиброаденома была хорошо васкуляризирована — быстро накапливала и быстро выводила контрастное вещество. У 2 обследуемых отмечалась асимметрия сосудистой сети молочных желез при построении МР-реконструкций.

Ретромаммарно расположенные образования при рентгеновском и УЗ-исследованиях часто остаются нераспознанными (рис. 6.)

У 5,2% женщин были выявлены образования молочных желез воспалительной природы: кисты с признаками воспаления, абсцесс и гранулема инородного тела. Вне зависимости от причины, МР-семиотика

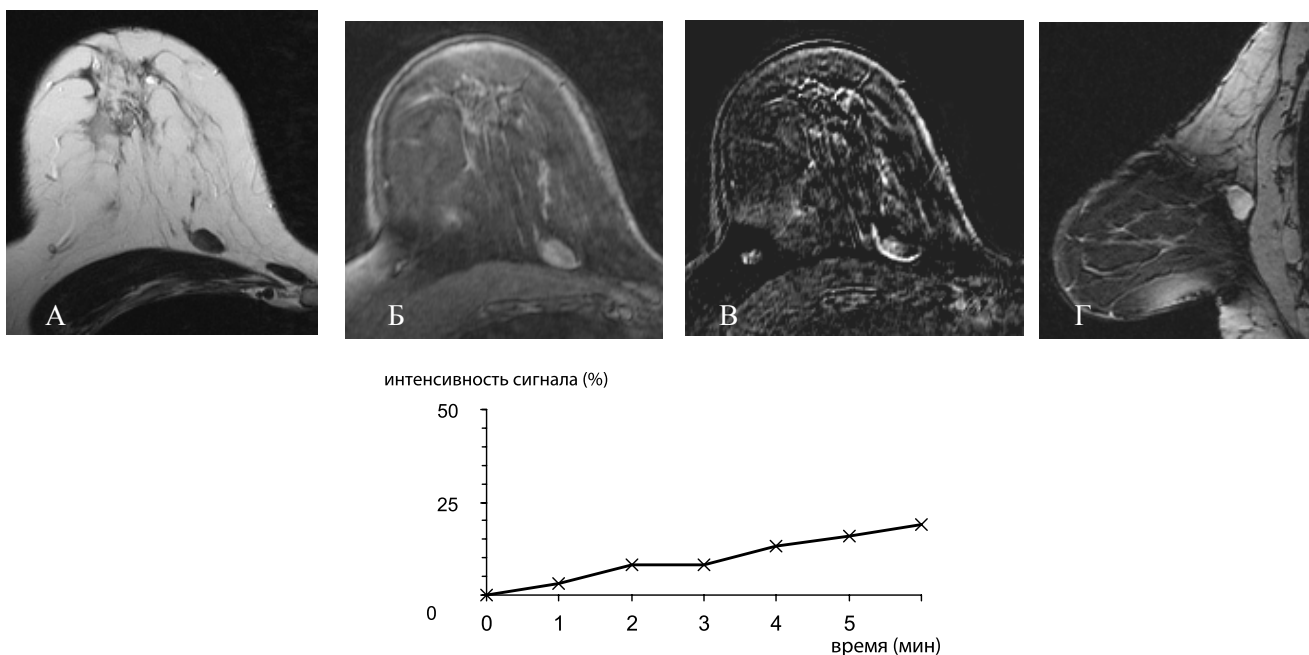
Рисунок 5. Пациентка А., 43 лет. Локализованный фиброаденоматоз правой молочной железы



На МР-маммограммах в верхне-наружном квадранте правой молочной железы имеется участок неправильно овальной формы, характеризующийся изогипоинтенсивным МР-сигналом на T1-ВИ (А).

При динамическом контрастном усилении (Б) с последующим использованием методики цифровой субтракции (В) незначительно неравномерно накапливает парамагнитное контрастное вещество в течение всего периода исследования — I тип (график).

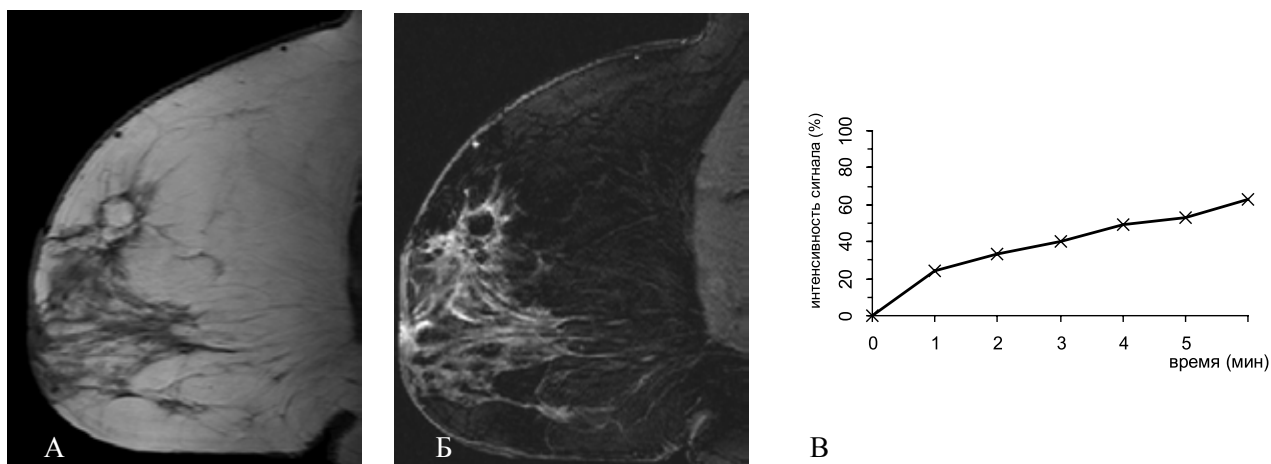
Рисунок 6. МР-маммограммы больной Б., 50 лет. Периканаликулярная фиброаденома молочной железы



На МР-маммограммах определяется овальной формы опухоль с четкими, ровными контурами, размерами 9х16 мм, с гипоинтенсивным МР-сигналом на T2-ВИ (А).

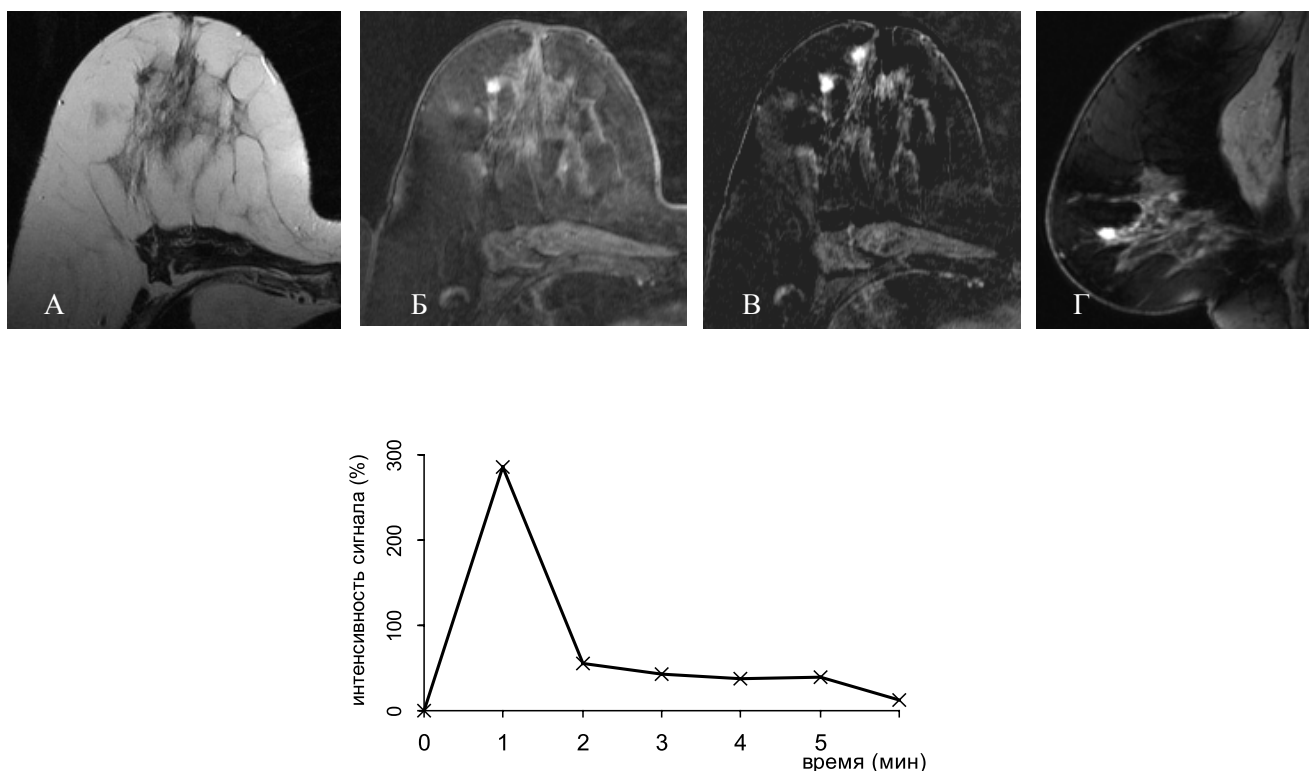
При динамическом контрастном усилении (Б, Г) с последующим использованием методики цифровой субтракции (В) незначительно неравномерно накапливает контрастное вещество в течение всего периода исследования (19%) — I тип (график).

Рисунок 7. Пациентка А., 49 лет. Гранулема инородного тела правой молочной железы после секторальной резекции по поводу фиброаденомы



На МР-маммограммах (А, Б), через один месяц после операции, в верхне-наружном квадранте железы имеется изоинтенсивный на T1-ВИ участок неправильно округлой формы с четкими, неровными контурами, окруженный каймой гемосидерина и зоной рубцово-атрофических изменений. При динамическом контрастном усилении определяется накопление контрастного вещества по капсуле данного участка, характеризующееся интенсивным (98%), быстрым захватом контрастного вещества и медленным его выведением — II тип (В).

Рисунок 8. Больная В., 76 лет. Инфильтрирующий протоковый рак правой молочной железы

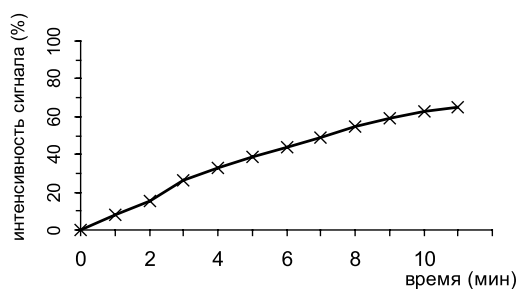
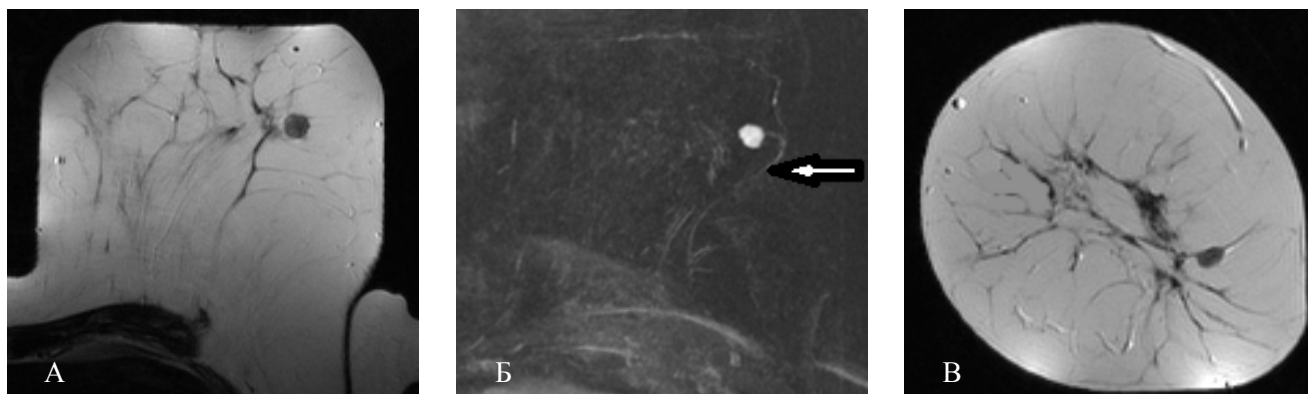


На МР-маммограмме в структуре железистой ткани определяется округлый участок без четких контуров, размерами 7х8х7 мм, неоднородной структуры, гипоинтенсивного МР-сигнала на T2-ВИ (А).

При динамическом контрастном усилении определяется интенсивное его накопление патологическим образованием (Б, Г) и увеличенным лимфатическим узлом (толстая стрелка) до 286%, скорость захвата и выведения высокие (график).

На субтракционной томограмме более чётко определяются размеры, контуры и неоднородная структура опухоли (В).

Рисунок 9. Пациентка Ш., 54 года. Слизистый рак левой молочной железы

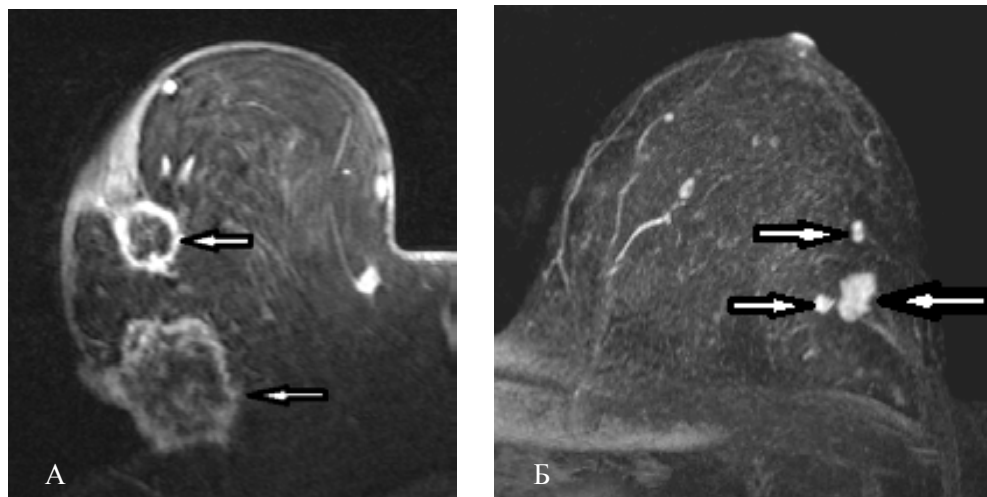


На МР-маммограммах определяется овальной формы опухоль с четкими, ровными контурами, размерами 8х9х5 мм, однородной структуры, гипоинтенсивного МР-сигнала на Т2-ВИ (А, В).

При динамическом контрастном усилении определяется равномерное повышение сигнала от образования (Б), которое характеризуется медленным захватом контрастного вещества максимально до 65% в течение всего периода исследования (график).

При построении МР реконструкции по латеральному контуру опухоли выявлен питающий сосуд (Б — толстая стрелка).

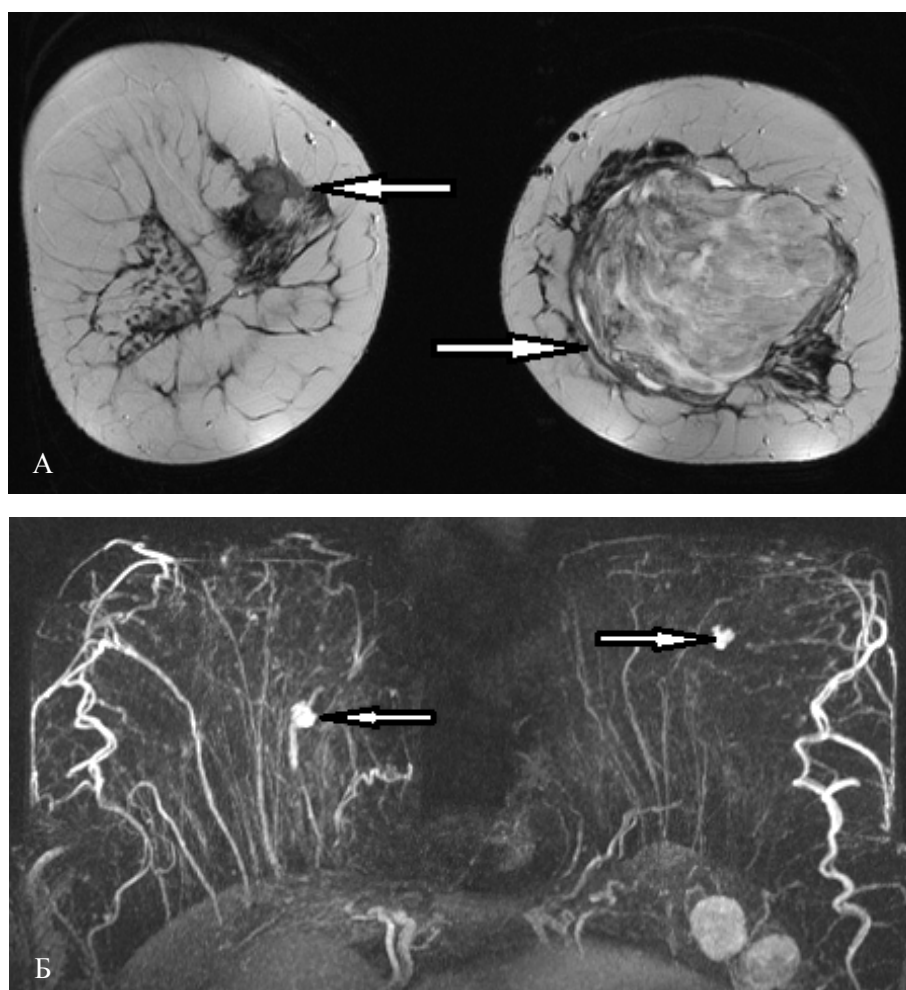
Рисунок 10. Мультицентричное поражение молочной железы. Указано стрелками



этих образований характеризовалась наличием единичного полостного образования с нечетким контуром округлой формы (75%), с неоднородным содержанием, в большинстве случаев, окруженная воспалительным отеком (63%). Также отмечали кольцевидное накопление контрастного вещества утолщенной стенкой (рис. 7). Четкость контуров, характер изменения структуры и контрастирования изменялись в зависимости от стадии воспалительного процесса в соответствии с проводимым лечением.

Хирургическому лечению были подвергнуты 57 из 77 женщин. При гистологическом исследовании препаратов молочной железы в 50 случаях был поставлен диагноз фиброаденомы, причем в 1 случае мы не исключали злокачественности процесса, основываясь на морфологических и динамических критериях. В 4 — образования воспалительной природы и 3 — локализованный фиброаденоматоз. Оставшимся 20 женщинам была выполнена трепан-биопсия образования и подтвержден доброка-

Рисунок 11. Магнитно-резонансные маммограммы больных с билатеральной формой рака (стрелки)



чественный процесс, из них 17 находятся под динамическим наблюдением в течение 3 лет.

Злокачественные образования молочных желез были выявлены у 93 женщин и характеризовались наличием узла с неровными лучистыми или прерывистыми контурами у 79 больных (85,9%), преобладанием радиального размера над продольным — 69 (75%), неоднородной внутренней структурой — 81 (87%). Отчетливо визуализировался отёк ткани железы вокруг образования, за счет лимфангита у 80 женщин (86%), а также отек кожи — 43 (46,7%), подтягивание и деформация соска и большой грудной мышцы к опухоли — 25 (26,9%) .

При динамическом контрастном усилении злокачественные опухоли характеризовались ранним усилением по периферии опухоли (синдром кольца) и отставанием контрастирования в центре опухоли (за счёт центрального некроза) у 61 больных (66,3%). Отмечалась неоднородная структура накопления контраста у 28 пациенток (30,4%), интенсивность МР-сигнала в большинстве случаев (57%) превышала 150 % в течение 1 мин после введения

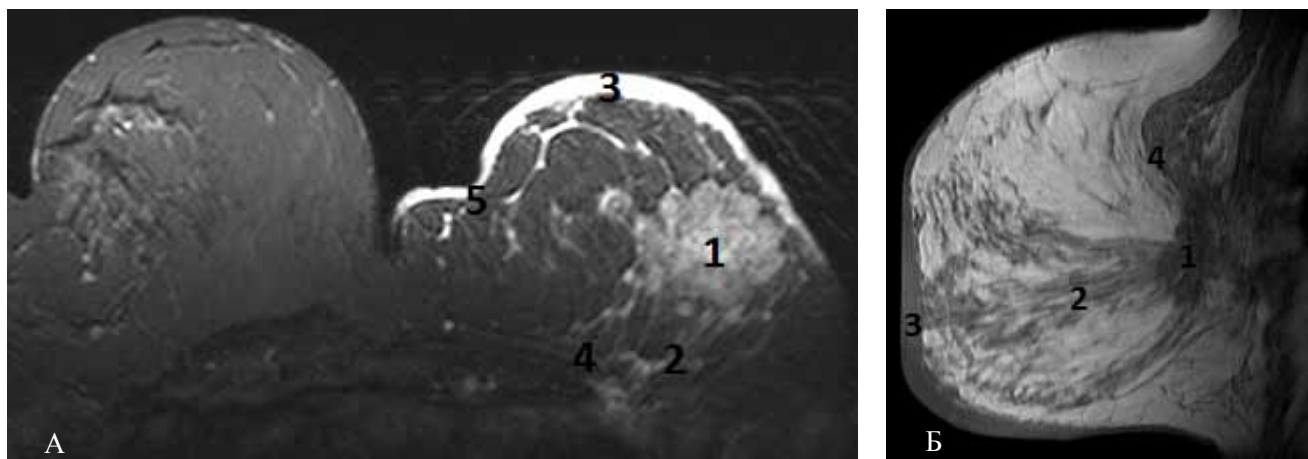
контрастного вещества. При построении МР-реконструкций определялось усиление сосудистой сети вокруг образований у всех обследуемых.

В наших наблюдениях 86,1% злокачественных опухолей было представлено инфильтративно-протоковым раком, 4,3% — инфильтративно-дольковым раком, неинфильтративно-протоковый, медуллярный и слизистый составили по 3,2%. Преимущественная локализация — верхне-наружный квадрант (40%). Наибольшие сложности в диагностике вызывает выявление образований на фоне хорошо развитой железистой ткани (рис. 8).

При построении кривых «интенсивность сигнала – время» злокачественные узловых образования молочных желез характеризовались преимущественно III типом — кривая вымывания с выраженным максимумом и быстрым снижением амплитуды МР-сигнала (74,2%), реже II накопления (26,8%).

Злокачественные образования с минимальным размером опухоли 5 мм были выявлены у 7 обследуемых, в 3 наблюдениях определялся рак in situ

Рисунок 12. МР-семиотика рака молочной железы



На МР-маммограммах определяется рак молочной железы (1). Структура центральных отделов железы четко не дифференцируется из-за имеющегося отека за счет лимфангита (2), распространяющегося от опухоли к поверхности утолщенной кожи (3) и грудной мышце (4), контуры которых деформированы (5).

Таблица 2. Признаки, включенные в логистическую регрессионную модель

Наименование и градация признака	Код	Коэффициенты модели	Уровень значимости, р
Нарушение внутренней архитектоники железы за счет образования: 0 — нет 1 — да	X1	2,929	0,0145
Тип кривой «интенсивность сигнала — время»: 1 — тип I 2 — тип II 3 — тип III	X2	2,359	0,0202
Интенсивное центростремительное накопление парамагнитного контрастного вещества: 0 — нет 1 — да	X3	4,755	0,0007
Константа		-7,586	0,0002

(рис. 9), мультицентричность — 8 женщин (рис. 10), билатеральная форма — 9 женщин (рис. 11).

Таким образом, критериями дифференциальной диагностики образований молочной железы являются:

- оценка формы и контуров;
- морфологические критерии накопления контрастного вещества (диффузное, линейное, очаговое, гомогенное);
- динамические критерии накопления контрастного вещества (степень изменения интенсивности сигнала, тип кривой накопления, харак-

тер контрастирования, наличие питающего сосуда, изменение сосудистой сети вокруг образования);

- наличие деформации кожи и большой грудной мышцы, лимфангита, лимфаденопатии (рис. 12).

Максимальное повышение интенсивности сигнала от доброкачественных образований при динамическом контрастном усилении чаще отмечалось в диапазоне 25-75% и пик приходился на конец исследования, а при злокачественных образованиях — от 125 до 300%, пик был в первые минуты. За 0% принималась интенсивность сигнала от ткани до контрастного усиления.

При исследовании, когда производится качественная оценка показателя — отклика на двух уровнях, а именно, доброкачественное узловое образование (код 0) и злокачественное узловое образование (код 1), для построения модели вероятности дифференцируемого варианта диагноза эффективно применение метода логистической регрессии. Преимущественно дихотомический характер предиктных признаков также явился веским аргументом при выборе математико-статистического метода моделирования вероятности в пользу логистического регрессионного анализа.

В целях отбора группы наиболее информативных признаков, включаемых в конечную модель, оценена информативность каждого из них в однофакторном анализе, проведена их экспертная оценка, опробован ряд моделей с различным набором признаков. Получена статистически достоверная (χ^2 -квadrat=203,9; $df=3$; $p<0,00001$) логистическая регрессионная модель. Признаки, включенные в неё, их градации и коэффициенты приведены в таблице 2.

Окончательная модель вероятности злокачественного характера опухоли молочной железы имеет вид:

$$\hat{y} = \exp(-7,586 + X_{12,929} + X_{22,359} + X_{34,755}) / (1 + \exp(-7,586 + X_{12,929} + X_{22,359} + X_{34,755}))$$

Подставляя в уравнение значения признаков, выявленных у конкретной обследуемой, рассчитывается $\hat{y}$ — вероятность злокачественного характера опухоли молочной железы по данным МР-маммографии с динамическим контрастным усилением. Если рассчитанное значение вероятности $\hat{y} \geq 0,5$, то данную опухоль необходимо отнести к злокачественным. Если же рассчитанное значение $\hat{y} < 0,5$, опухоль целесообразно отнести к доброкачественным.

Заключение

Диагностическая эффективность полученной модели по результатам нашего исследования составила 96,5%, что подтверждает возможность качественной дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных образований по результатам МР-маммографии с динамическим контрастным усилением. Высокая чувствительность (98,9%) в сочетании с приемлемой специфичностью (93,5%) модели свидетельствуют об эффективно разработанной магнитно-резонансно-томографической семиотике доброкачественных и злокачественных узловых образований молочных желез, а также высокой информативности выделенных магнитно-резонансно-томографических симптомов.

Следовательно, МР-маммография с динамическим контрастным усилением с последующей постпроцессорной обработкой позволяет достоверно выявлять патологические образования молочных желез, давать полную их характеристику, оценивать «степень» васкуляризации, что позволяет провести дифференциальную диагностику между доброкачественными и злокачественными образованиями. Иными словами, из дополнительного метода в маммологии превращается в один из самых информативных.

Следует обратить внимание, что применение данного метода позволяет идентифицировать клинически скрытые инвазивные и неинвазивные карциномы молочной железы, не определяемые с помощью маммографии, определять более точно стадию ракового процесса и тем самым более правильно планировать лечение.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Bulinski DN, Vasiliev YuS. Modern technologies of diagnostics and treatment of breast cancer. Chelyabinsk.: Chelgma, 2009. p. 84. In Russian [Булынский Д.Н., Васильев Ю.С. Современные технологии диагностики и лечения рака молочной железы. Челябинск.: ЧелГМА, 2009. с. 84].
2. Kharchenko VP, Rozhkova NI. Mammalogy. National leadership. M.: GEOTAR-Media, 2009. p. 328. In Russian [Харченко В.П., Рожкова Н.И. Маммология. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. с. 328].
3. Skaane P, Bandos AI, Gullien R et al. Comparison of digital mammography alone and digital mammography plus tomosynthesis in a population-based screening program. Radiology. 2013; 267(1): 47-56.
4. Tverezovsky SA, Cherenkov VG, Petrov AB. Analysis of the diagnosis and treatment of breast cancer before and after introduction of mammography screening. Oncology. Log them. P. A. Herzen. 2015; 4(5): 24-27. In Russian [Тверезовский С.А., Черенков В.Г., Петров А.Б. Анализ состояния диагностики и лечения рака молочной железы до и после внедрения маммографического скрининга. Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. 2015; 4(5): 24-27].
5. Evers TB, Hunt KK, Robb GL, Strom EA, Ueno NT. Primary prevention of breast cancer, screening for early detection of breast cancer, and diagnostic evaluation of clinical and mammographic breast abnormalities. Breast Cancer, 2nd edition. New York: Springer. 2008; 27-56.
6. Alvarenga AV, Pereira WC, Infantsi AF et al. Complexity curve and grey level co-occurrence matrix in

the texture evaluation of breast tumor on ultrasound images. Medical physics. 2007; 34 (2): 379-387.

7. Dua SM, Gray RJ, Keshtgar M. Strategies for localization of impalpable breast lesions. Breast. 2011; 20:246–253.

8. Saslow D, Boetes C, Burke W. et al. American Cancer Society guidelines for breast screening with MRI as an adjunct to mammography. CA Cancer J Clin. 2007; 57: 75-79.

9. Tafreshi NK, Kumar V, Morse DL et al. Molecular and functional imaging of breast cancer. Cancer Control. 2010; 17:143–155.

10. Schilling K. Positron emission mammography in breast cancer presurgical planning: comparisons with magnetic resonance imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2011; 38:23–36.

11. Turkbey B, Kobayashi H, Ogawa M et al. Imaging of tumor angiogenesis: functional or targeted? AJR. 2009; 193: 304–313.

12. Harris JR, Lippman ME, Morrow M. et al. Imaging: New techniques. In: Diseases of the Breast. 4th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins. 2010; 171-192.

13. O'Connor JPB, Jackson A, Parker GJM et al. Dynamic contrast-enhanced MRI in clinical trials of antivascular therapies. Nat Rev Clin Oncol. 2012; 9: 167–177.

14. Harry VN, Semple SI, Parkin DE et al. Use of new imaging techniques to predict tumour response to therapy Lancet. Onco. 2010; 11: 92–102.

15. Schabel MC, Morrell GR. Uncertainty in T1 mapping using the variable flip angle method with two flip angles. Phys Med Biol. 2009; 54:1–8.

16. Yang C, Karczmar GS, Medved M et al. Reproducibility assessment of a multiple reference tissue method for quantitative dynamic contrast enhanced-MRI analysis. Magn Reson Med. 2009; 61:851–859.

17. Heye T, Davenport MS, Horvath JJ et al. Reproducibility of dynamic contrast enhanced MR imaging. Part I. Perfusion characteristics in the female pelvis by using multiple computer-aided diagnosis perfusion analysis solutions. Radiology. 2015; 266: 801–811.

Информация об авторах:

Серебрякова Светлана Владимировна — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории магнитно-резонансной томографии НИО лучевой диагностики ФГБУ «Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России;

Фокин Владимир Александрович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом лучевой диагностики ФГБУ «Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России;

Труфанов Геннадий Евгеньевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий научно-исследовательским отделом лучевой диагностики ФГБУ «Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России;

Юхно Елена Антоновна — кандидат медицинских наук врач-рентгенолог отделения магнитно-резонансной томографии клиники рентгенорадиологии ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ;

Author information:

Svetlana V. Serebryakova — MD, PhD, senior researcher of radiology department of Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Vladimir A. Fokin— MD, PhD, professor, head of radiology department of Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Gennady E. Trufanov — MD, PhD, professor, head of research department of radiology of « Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Elena A. Yukhno — PhD, radiologist in MRI Department of Military Medical Academy named after S.M.Kirov.