

Эластография сдвиговой волной в мультипараметрической ультразвуковой диагностике злокачественных опухолей молочной железы различных размеров

В.В. Митьков¹, К.А. Чубарова², Н.В. Заболотская¹,
М.Д. Митькова¹, Н.В. Яурова³

¹ ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования”
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

² Клинический госпиталь ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”

³ ГБУЗ МО “Московский областной научно-исследовательский клинический
институт имени М.Ф. Владимирского”

Проведен ретроспективный анализ данных ультразвукового исследования 44 случаев морфологически верифицированного рака молочной железы. Злокачественные образования были разделены на две группы в зависимости от максимального размера: в первую вошли 32 опухоли размером ≥ 1 см, во вторую – 12 опухолей размером < 1 см. Выявлены прямые достоверные связи максимального размера опухоли со значениями $E_{\text{тах}}$ ($r_s = 0,47$), E_{mean} ($r_s = 0,43$), SD ($r_s = 0,36$) и $SWE\text{-ratio}$ ($r_s = 0,33$) ($P < 0,05$ для всех корреляций). Значения E_{mean} , $E_{\text{тах}}$ и SD в первой и второй группах достоверно различались ($P < 0,05$). В опу-

холях размером < 1 см (вторая группа) достоверно чаще встречался признак вертикальной ориентации образования ($P < 0,05$). Во второй группе (размер образования < 1 см) получены значимые достоверные корреляции значений $E_{\text{тах}}$ с васкуляризацией образования ($r_s = 0,67$, $P < 0,05$). При наличии сосудистых сигналов в проекции опухолей размером < 1 см значения $E_{\text{тах}}$ достоверно выше, чем при их отсутствии (156,9 и 124,78 кПа) (медианы) ($P < 0,05$). В первой группе (опухоли размером ≥ 1 см) значения $SWE\text{-ratio}$ значимо коррелировали с отсутствием ретракционного узора в трехмерном режиме ($r_s = 0,50$, $P < 0,05$).

В.В. Митьков – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. К.А. Чубарова – врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики Клинического госпиталя ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”. Н.В. Заболотская – д.м.н., профессор кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. М.Д. Митькова – к.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. Н.В. Яурова – к.м.н., доцент кафедры лучевой диагностики ГБУЗ МО “Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского”.

Контактная информация: 127299 г. Москва, ул. Новая Ипатовка, д. 3, Клинический госпиталь ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”, кафедра ультразвуковой диагностики. Иванишина Татьяна Викторовна. Тел.: (499) 150-90-61. Факс: (926) 200-75-81. E-mail: tanya.sunspot@gmail.com

При наличии ретракционного узора в трехмерном режиме в опухолях размером ≥ 1 см значения SWE-ratio достоверно ниже, чем при отсутствии (8,2 и 11,1) (медианы) ($P < 0,05$). Полученные данные могут быть полезными в дифференциальной диагностике злокачественных опухолей маленьких (< 1 см) размеров.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование молочных желез, ультразвуковая эластография, эластография сдвиговой волной, рак молочной железы, фиброаденома молочной железы.

ВВЕДЕНИЕ

Последнее столетие ознаменовалось бурным ростом злокачественных заболеваний молочных желез. В 2011 г. кумулятивный риск (риск развития злокачественного заболевания, которому подверглось бы лицо в течение жизни до 75 лет при условии отсутствия всех причин смерти) развития злокачественного новообразования молочных желез у женщин составил 5,14%, кумулятивный риск умереть от злокачественного новообразования молочных желез у женщин в возрасте 0–74 года – 1,92% [1].

Длительное время во всем мире ведущим методом диагностики рака молочной железы являлась рентгеновская маммография. Согласно данным, полученным в конце XX века, проведение профилактических скрининговых обследований у женщин с помощью рентгеновской маммографии привело к снижению смертности от рака молочной железы [2, 3]. Однако способность рентгеновской маммографии к выявлению злокачественных опухолей связана с количеством и соотношением в молочной железе соединительной, железистой и жировой тканей. В том случае, когда в молочной железе преобладает железистая ткань (это в основном женщины до 40–45 лет), рентгенологически трудно дифференцировать доброкачественные или злокачественные процессы [4]. В связи с этим были очевидны поиски других методов оценки состояния молочных желез у женщин молодого и среднего возраста. С конца 80-х годов для диагностики онкологической патологии молочных желез во всем мире стало активно внедряться ультразвуковое исследование.

За последние 10 лет ультразвуковое исследование молочных желез претерпело значительные изменения. Появились широкополосные высокочастотные ультразвуковые датчики с частотой более 10 МГц, доплеровские и недопплеровские способы регистрации кровотока, трехмерное и четырехмерное сканирование с различными вариантами обработки изображения, ультразвуковые контрастные препараты, эластография [5, 6].

При поиске диагностических критериев необходимо понимать палитру тканевого различия при тех или иных процессах. Более 75% злокачественной патологии молочных желез представляет рак молочной железы [7]. Структура узловых форм рака молочной железы может быть разнообразной и зависит от наличия участков некроза, фиброза, кальцинатов и опухолевых сосудов [8].

Серошкальная эхография не является достаточно информативной в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных заболеваний молочных желез, а также различных вариантов рака молочной железы [8]. Идея опухолевого неангиогенеза в виде усиленной васкуляризации легла в основу использования доплерографии в диагностике злокачественных процессов в молочных железах [9]. Сочетание серошкальной эхографии с доплерографией позволяет улучшить выявление злокачественных опухолей [10, 11]. В то же время доплерографические возможности ультразвуковой аппаратуры различных фирм-производителей и различных классов (от портативных до аппаратов экспертного класса) не стандартизированы, и это объясняет тот факт, что не у всех исследователей при сочетании серошкальной эхографии с доплерографией повышается специфичность ультразвуковой диагностики рака молочной железы [8]. В трехмерном режиме доплерографическая картина опухолевого кровотока представляется более наглядной, чем в двумерном, в связи с чем эффективность этого критерия возрастает [12, 13].

Дифференциально-диагностические признаки злокачественного и доброкачественного поражений молочных желез помимо доплерографических критериев включают и признаки, характеризующие инвазивный или отграниченный характер распростране-

ния опухолевых масс в окружающие ткани. На преинвазивном этапе опухоль только раздвигает окружающие ткани, не вовлекая их в патологический процесс. Такой характер роста отмечается на ранних стадиях протокового и долькового рака, а также при медуллярных и муцинозных гистологических формах. Для основной массы рака молочной железы (75%) характерен инвазивный тип роста [14].

При этом инфильтрация окружающих тканей может быть выражена в большей или меньшей степени. Точно так же различная степень ответной фиброзной (десмопластической) реакции окружающих тканей на опухолевую инвазию ведет, с одной стороны, к повышению жесткости пораженного опухолью участка, с другой – к разрушению упорядоченности структуры тканей железы [15]. Эхографическими признаками инфильтрации окружающих тканей в двумерном серошкалином режиме являются нарушение типичного расположения соединительнотканых структур (связок Купера, капсулы молочной железы) и феномен гиперэхогенного периферического ободка вокруг инвазивных форм злокачественных опухолей [16]. Новые возможности трехмерной реконструкции позволяют более наглядно демонстрировать ультразвуковые признаки инфильтративного типа роста злокачественных опухолей молочных желез в виде ретракционного узора стяжения связок Купера в коронарной проекции. Доброкачественные опухоли в трехмерном режиме имеют сдавливающий узор окружающих тканей [6, 17].

В последнее десятилетие ультразвуковое исследование молочных желез обогатилось новой технологией – эластографией [18–21]. Ультразвуковая эластография позволяет характеризовать жесткостные свойства тканей при использовании различного характера компрессионного воздействия. На настоящий момент широко используются компрессионная эластография и эластография сдвиговой волной. При эластографии сдвиговой волной оценивается скорость сдвиговых волн, вызванных фокусированным акустическим импульсом (*ARFI*, *SonicTouch*). Эластография сдвиговой волной дает количественную информацию об эластических свойствах тканей, отображаемую в числовых значениях скорости

поперечной волны (м/с) или модуля Юнга (кПа) и (или) цветокодированном изображении (двумерная или трехмерная эластография сдвиговой волной). Применение параметров жесткости образований основано на различии упругих свойств злокачественных и доброкачественных изменений, что было многократно доказано экспериментальными и клиническими работами [22].

Наиболее часто встречаются злокачественные опухоли молочных желез с инфильтративным характером роста. Нередко сочетание различных гистологических вариантов злокачественной трансформации в одном опухолевом узле при доминирующей форме основного гистологического типа [23]. Все это реализует различие серошкалиных признаков, также очевидны тканевые различия при эластографии. Подтверждением этого являются научные свидетельства о различном расположении зон повышенной жесткости относительно опухолевого фокуса. Ряд исследователей отмечает преобладание периферического расположения жестких участков вокруг опухоли (в соответствии с расположением зон десмоплазии и стянутых связок Купера) [21, 24].

Целью данной работы явилось изучение возможностей мультипараметрического ультразвукового исследования в диагностике рака молочной железы в зависимости от размеров опухоли.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положен анализ данных ультразвукового исследования 44 случаев верифицированного рака молочной железы за период с 2012 по 2013 гг. (пациентки проходили обследование на клинической базе кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Минздрава России – в Клиническом госпитале ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”). Все наблюдения имеют морфологическую верификацию в виде результатов исследования гистологического материала после хирургического лечения. Возраст пациенток колебался от 36 до 90 лет.

Всем больным выполнялось ультразвуковое исследование молочных желез на аппаратах:

– Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием широкополосного мультимодального линейного датчика, работающего в диапазоне частот 4–15 МГц;

– Voluson 730 Expert с использованием широкополосного мультимодального линейного датчика, работающего в диапазоне частот 6–12 МГц, и специализированного трехмерного линейного датчика, работающего в диапазоне частот 5–12 МГц.

Ультразвуковое исследование выполняли по стандартной методике с использованием традиционной схемы анализа патологии молочных желез (серошкальный, доплерографические режимы, трехмерная эхография в реальном времени) [8].

Также использовался режим эластографии сдвиговой волной (*Shear Wave Elastography (SWE)*), с помощью которого проводилась качественная и количественная оценка жесткости очаговых образований молочных желез. Сканирование в режиме эластографии сдвиговой волной производилось при минимальной компрессии датчиком, с необходимыми временными паузами для стабилизации эластографического изображения. Определяющим в возможности проведения методики является ограничение по глубине до 3,0 см (согласно рекомендации производителя). Время, необходимое для стабилизации изображения, составляет не менее 4 с (согласно рекомендации производителя).

Сначала осуществлялась качественная оценка жесткости исследуемой области. В цветовом окне (район интереса) автоматически происходит картирование тканей различными цветами в зависимости от их жесткости. Нами использован тип карты окрашивания, при котором более жесткие ткани картируются красным цветом, менее жесткие – синим цветом, промежуточными являются желтые и зеленые тона. Цветовое окно устанавливалось с учетом максимального захвата опухолевых узлов или исследуемых тканей. Для получения хорошего качества картограммы важным являлось соблюдение перпендикулярного положения датчика по отношению к исследуемым объектам. При проведении оптимизации режима эластографии (соотношение между разрешением эластографических изображений и глубиной проникновения луча

в соответствии с областью сканирования) был выбран режим *Penetration*. Шкала значений модуля Юнга, которая в режиме исследования молочных желез составляет 180 кПа, при необходимости изменялась (увеличивалась или уменьшалась). При высоких значениях шкалы менее наглядны цветовые различия жестких и более мягких участков при одинаковых цифровых показателях и наоборот [21].

Затем проводилась количественная оценка жесткости тканей. Значения модуля Юнга оценивались в участках с максимальной жесткостью либо в участках без повышения жесткости, но соответствующих патологическим изменениям в В-режиме. Для этого выделялись зоны интереса (*Q-Box*), в каждой из которых автоматически определялись следующие значения модуля Юнга (Е) (кПа): среднее значение (E_{mean}), максимальное значение (E_{max}), минимальное значение (E_{min}), стандартное отклонение (SD). Для анализа использовали среднее значение модуля Юнга (E_{mean}), максимальное значение (E_{max}) и стандартное отклонение (SD), а также коэффициент жесткости (эластичности) (*SWE-ratio*), определяющий соотношение жесткости в двух зонах интереса (E_{mean_1}/E_{mean_2}). В качестве референтной зоны для стандартизации и повышения воспроизводимости исследования нами была выбрана жировая ткань, характеризующаяся более низкими значениями модуля Юнга [25]. Измерение количественных показателей осуществлялось трижды, затем вычислялось среднее значение для каждого показателя.

Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием стандартных методов (MedCalc). Количественные данные представлены в виде медианы (50-й процентиль), интерквартильного размаха (25–75-й процентиля), 2,5–97,5-го (5–95-го) процентилей и минимального – максимального значений. Применяли непараметрический критерий Манна–Уитни, критерий χ^2 , критерий Фишера, ранговые коэффициенты корреляции Спирмена (r_s) и τ Кендалла (r_τ). Различия считали достоверными при $P \leq 0,05$. При проведении корреляционного анализа результаты считали статистически значимыми также при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При раке молочной железы максимальный размер опухоли составил 1,5 см (0,9–2,2, 0,4–3,4, 0,3–3,6 см) (медиана, 25–75-й процентиля, 2,5–97,5-й процентиля, минимальное – максимальное значения). Злокачественные образования были разделены на две группы в зависимости от максимального размера: в первую вошли 32 опухоли размером ≥ 1 см, во вторую – 12 опухолей размером < 1 см. Эластографические показатели, полученные в обеих группах, представлены в табл. 1. Значения Emean, Emax и SD в двух группах достоверно различались ($P < 0,05$). Примеры эластографической картины образований различного размера представлены на рис. 1 и 2.

Характеристика злокачественных образований, полученная на основании данных серошкальной эхографии и цветокодированной доплерографии, представлена в табл. 2 и на рис. 3–7. Единственным критерием, по которому отмечалась достоверность различий, была вертикальная ориентация образования (в случае маленьких размеров опухоли этот критерий встречался достоверно чаще) ($P < 0,05$).

Корреляционный анализ, проведенный в группе злокачественных образований, выявил прямые достоверные связи максимального размера опухоли со значениями Emax ($r_s = 0,47$), Emean ($r_s = 0,43$), SD ($r_s = 0,36$) и SWE-ratio ($r_s = 0,33$) ($P < 0,05$ для всех корреляций). Аналогичные данные были получены А. Evans et al. [26],

Таблица 1. Результаты эластографии сдвиговой волной при раке молочной железы

Группы	Emean, кПа	Emax, кПа	SD, кПа	SWE-ratio
Первая группа (размер образования ≥ 1 см) (n = 32)	156,3* 102,0–204,1 69,8–267,6 61,5–281,9	188,1* 123,2–253,8 88,8–300,0 87,6–300,0	18,5* 11,0–27,5 8,3–42,6 6,2–46,3	9,2 7,6–12,3 5,5–19,6 5,4–30,5
Вторая группа (размер образования < 1 см) (n = 12)	116,2 92,3–132,0 40,4–168,7 37,0–169,0	130,4 109,4–157,0 51,1–222,5 47,9–224,8	14,5 6,8–18,1 5,8–24,6 5,8–24,8	8,2 5,9–10,0 3,9–17,9 3,7–18,2

Примечание: на первой строке ячейки представлена медиана, на второй – 25–75-й процентиля, на третьей – 5–95-й процентиля, на четвертой – минимальное – максимальное значения. * – достоверность различий при сравнении параметров между группами при $P < 0,05$.

Таблица 2. Результаты серошкальной эхографии и цветокодированной доплерографии при раке молочной железы

Группы	Акустическая тень	Вертикальная ориентация	Гиперэхогенный ободок в двумерном режиме	Ретракционный узор в трехмерном режиме	Васкуляризация образования	Васкуляризация окружающих тканей
Первая группа (размер образования ≥ 1 см) (n = 32)	14 (43,8%)	10* (31,3%)	18 (56,3%)	19 (59,4%)	9 (28,1%)	26 (81,3%)
Вторая группа (размер образования < 1 см) (n = 12)	7 (58,3%)	8 (66,7%)	4 (33,3%)	6 (50,0%)	4 (33,3%)	11 (91,7%)
Всего (n = 44)	21 (47,7%)	18 (40,9%)	22 (50,0%)	25 (56,8%)	13 (29,5%)	37 (84,1%)

Примечание: * – достоверность различий при сравнении параметров между группами при $P < 0,05$.

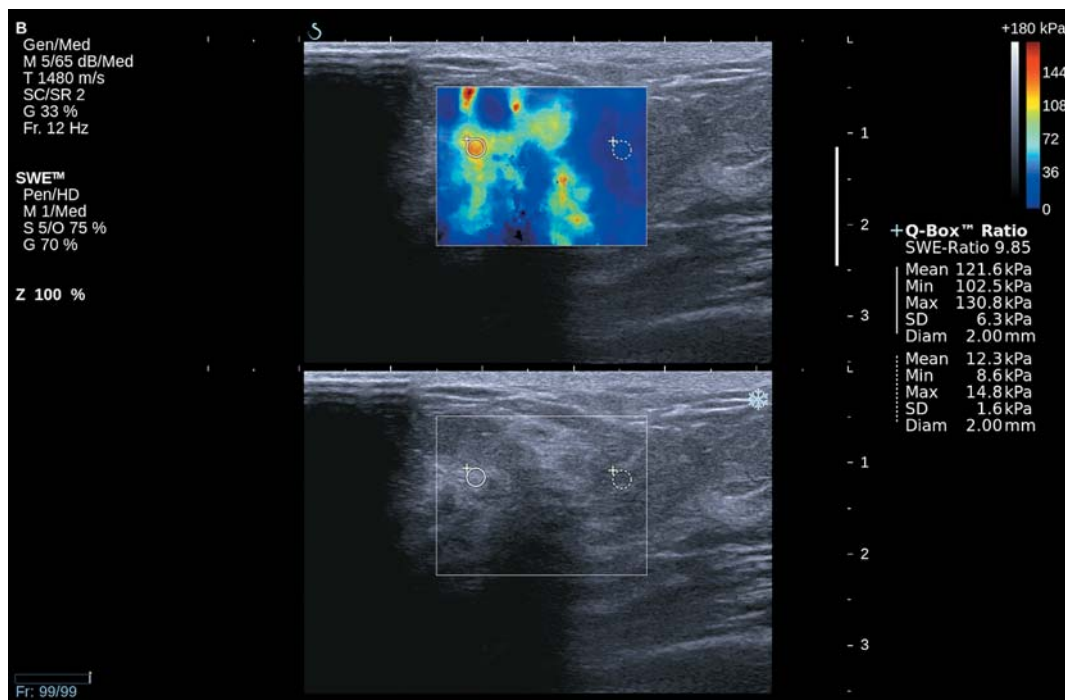


Рис. 1. Рак молочной железы. Размеры опухоли ≥ 1 см (первая группа). Веерообразное расположение зон повышенной жесткости вокруг образования. Значения E_{mean} , E_{max} и SWE-ratio выше пороговых, рекомендованных для дифференциальной диагностики злокачественных процессов (35,6 кПа, 45,7 кПа и 3,5 соответственно) [21].

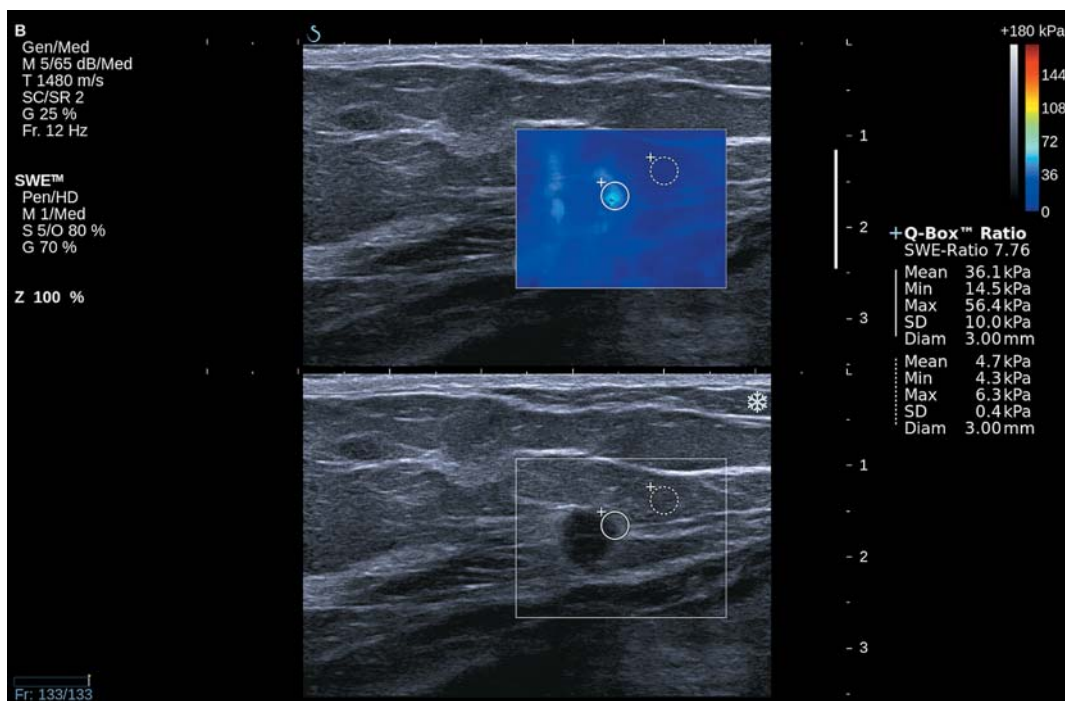


Рис. 2. Рак молочной железы. Размеры опухоли < 1 см (вторая группа). Веерообразное расположение зон повышенной жесткости вокруг образования. Значения E_{mean} , E_{max} и SWE-ratio выше пороговых, рекомендованных для дифференциальной диагностики злокачественных процессов (35,6 кПа, 45,7 кПа и 3,5 соответственно) [21].

Ж.Н. Youk et al. [27], Ж.М. Chang et al. [28]. Однако необходимо отметить, что размер злокачественной опухоли – лишь один из критериев, влияющих на жесткость.

При анализе связей эластографических критериев, с одной стороны, и серошкальных и доплерографических – с другой, было выявлено, что в общей группе значения E_{max} не коррелировали ни с одним параметром. В первой группе (размер образования ≥ 1 см) значения E_{max} слабо коррелировали с наличием васкуляризации окружающих тканей ($r_t = 0,27$, $P < 0,05$), однако с васкуляризацией самого образования нет. Во второй группе (размер образования < 1 см), наоборот, получены значимые достоверные корреляции с васкуляризацией образования ($r_s = 0,67$, $P < 0,05$). При сравнении значений E_{max} в этих двух подгруппах было выявлено, что при наличии сосудистых сигналов в проекции опухолей размером < 1 см значения E_{max} достоверно выше (156,9 и 124,78 кПа) (медианы) ($P < 0,05$).

Значения E_{mean} в общей группе также не коррелировали ни с одним параметром. В первой группе (размер образования ≥ 1 см) значения E_{mean} слабо коррелировали только с наличием васкуляризации окружающих тканей ($r_t = 0,27$, $P < 0,05$) (по аналогии с E_{max} достоверные корреляции ранговый критерий Спирмена не показал, достоверные связи выявил только критерий τ Кендалла). Во второй группе (размер образования < 1 см) помимо васкуляризации образования ($r_t = 0,48$, $P < 0,05$) значения E_{mean} умеренно коррелировали с отсутствием гиперэхогенного ободка в двумерном режиме ($r_t = 0,48$, $P < 0,05$) (достоверные связи вновь выявил только критерий τ Кендалла). Достоверности различий значений E_{mean} между подгруппами по вышеуказанным критериям не найдено: в образованиях размером < 1 см значения E_{mean} не различались при наличии и отсутствии гиперэхогенного ободка в двумерном режиме и при наличии и отсутствии васкуляризации образования.

Значения SWE-ratio в общей группе значимо коррелировали с отсутствием ретракционного узора в трехмерном режиме ($r_s = 0,39$, $P < 0,05$) за счет первой группы (размер образования ≥ 1 см) ($r_s = 0,50$, $P < 0,05$). При сравнении значений SWE-

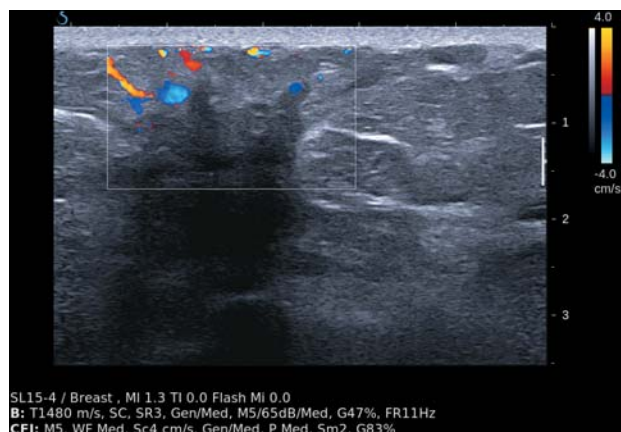


Рис. 3. Рак молочной железы. Размеры опухоли ≥ 1 см (первая группа). В-режим + цветовой доплеровское картирование. Акустическая тень, вертикальная ориентация, васкуляризация окружающих тканей.



Рис. 4. Рак молочной железы. Размеры опухоли ≥ 1 см (первая группа). В-режим. Гиперэхогенный ободок.



Рис. 5. Рак молочной железы. Размеры опухоли < 1 см (вторая группа). В-режим. Гиперэхогенный ободок.

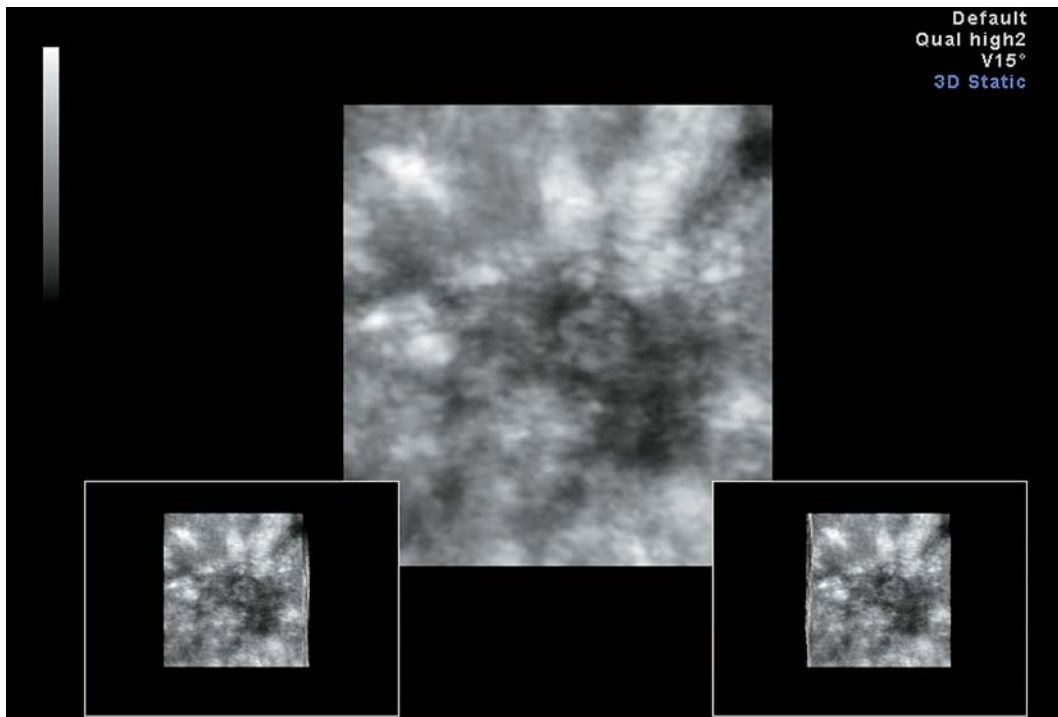


Рис. 6. Рак молочной железы. Размеры опухоли ≥ 1 см (первая группа). Трехмерный режим. Ретракционный узор.

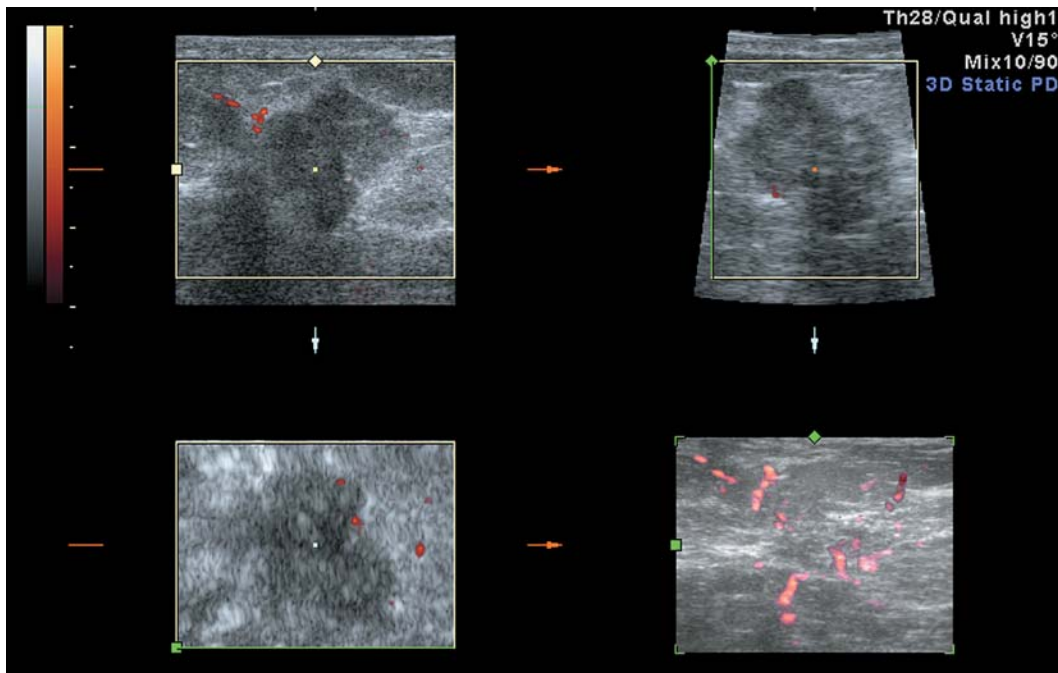


Рис. 7. Рак молочной железы. Размеры опухоли ≥ 1 см (первая группа). Васкуляризация образования и окружающих тканей в двумерном и трехмерном режимах (энергетическая доплерография).

ratio в этих двух подгруппах было выявлено, что при наличии ретракционного узора в трехмерном режиме в опухолях размером ≥ 1 см значения SWE-ratio достоверно ниже (8,2 и 11,1) (медианы) ($P < 0,05$). Также значения SWE-ratio в первой группе (размер образования ≥ 1 см) коррелировали с наличием горизонтальной ориентации образования ($r_s = 0,32$, $P < 0,05$). Однако достоверности различий значений SWE-ratio в опухолях с горизонтальной и вертикальной ориентацией не получено.

ВЫВОДЫ

1) Выявлены прямые достоверные связи максимального размера опухоли со значениями E_{max} ($r_s = 0,47$), E_{mean} ($r_s = 0,43$), SD ($r_s = 0,36$) и SWE-ratio ($r_s = 0,33$) ($P < 0,05$ для всех корреляций).

2) Значения E_{mean} , E_{max} и SD в первой (опухоли размером ≥ 1 см) и второй (опухоли размером < 1 см) группах достоверно различались ($P < 0,05$).

3) В опухолях размером < 1 см (вторая группа) достоверно чаще встречался признак вертикальной ориентации образования ($P < 0,05$).

4) Во второй группе (размер образования < 1 см) получены значимые достоверные корреляции значений E_{max} с васкуляризацией образования ($r_s = 0,67$, $P < 0,05$). При наличии сосудистых сигналов в проекции опухолей размером < 1 см значения E_{max} достоверно выше, чем при их отсутствии (156,9 и 124,78 кПа) (медианы) ($P < 0,05$).

5) В первой группе (опухоли размером ≥ 1 см) значения SWE-ratio значимо коррелировали с отсутствием ретракционного узора в трехмерном режиме ($r_s = 0,50$, $P < 0,05$). При наличии ретракционного узора в трехмерном режиме в опухолях размером ≥ 1 см значения SWE-ratio достоверно ниже, чем при отсутствии (8,2 и 11,1) (медианы) ($P < 0,05$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злокачественные новообразования в России в 2011 году (заболеваемость и смертность) // Под ред. Чиссова В.И., Старинского В.В., Петровой Г.В. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2013. 289 с.
2. Hendrick R.E., Smith R.A., Rutledge J.H. 3rd, Smart C.R. Benefit of screening mammography in

- women aged 40-49: a new meta-analysis of randomized controlled trials // J. Nat. Cancer Inst. Monogr. 1997. No. 22. P. 87-92.
3. Трапезников Н.Н., Аксель Е.М. Новое в терапии рака молочной железы // Статистика рака молочной железы. М., 1998. С. 6-10.
4. Byrne C., Schairer C., Wolfe J. et al. Mammographic features and breast cancer risk: effects with time, age and menopause status // J. Natl. Cancer Inst. 1995. V. 87. No. 21. P. 1622-1629.
5. Wang Z., Zhou Q., Liu J. et al. Tumor size of breast invasive ductal cancer measured with contrast-enhanced ultrasound predicts regional lymph node metastasis and N stage // Int. J. Clin. Exp. Pathol. 2014. V. 7. No. 10. P. 6985-6991.
6. Weismann C., Mayr C., Egger H., Auer A. Breast Sonography - 2D, 3D, 4D Ultrasound or Elastography? // Breast Care (Basel). 2011. V. 6. No. 2. P. 98-103.
7. Автандилов Г.Г., Григорьева С.Г. Гистоплоидометрическая диагностика новообразований молочной железы: Руководство. М.: РМАПО, 2007. С. 28-45.
8. Заболотская Н.В. Ультразвуковая диагностика заболеваний молочных желез // Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика. Изд. 2-е / Под ред. В.В. Митькова. М.: Видар, 2011. С. 563-606.
9. Brem S.S., Jensen H.M., Gullino P.M. Angiogenesis as a marker of preneoplastic lesions of the human breast // Cancer. 1978. V. 41. No. 1. P. 239-244.
10. Busilacchi P., Draghi F., Preda L., Ferranti C. Has color Doppler a role in the evaluation of mammary lesions? // J. Ultrasound. 2012. V. 15. No. 2. P. 93-98.
11. Stanzani D., Chala L.F., Barros N. et al. Can Doppler or contrast-enhanced ultrasound analysis add diagnostically important information about the nature of breast lesions? // Clinics. 2014. V. 69. No. 2. P. 87-92.
12. Lai Y.C., Huang Y.S., Wang D.W. et al. Computer-aided diagnosis for 3D power Doppler breast ultrasound // Ultrasound Med. Biol. 2013. V. 39. No. 4. P. 555-567.
13. Huang Y.H., Chen J.H., Chang Y.C. et al. Diagnosis of solid breast tumors using vessel analysis in three-dimensional power Doppler ultrasound images // J. Digit. Imaging. 2013. V. 26. No. 4. P. 731-739.
14. Нейштадт Э.Л., Воробьева О.А. Патология молочной железы. Пособие по диагностике заболеваний молочной железы. СПб.: Фолиант, 2003. 208 с.
15. Blohmer J.U., Guski H. Sonographische Kriterien in der Differenzialdiagnose von Mamma Tumoren // Ultraschall in Gynakologie und Geburtshilfe / Herausgegeben von Sohn C., Holzgreve W. Stuttgart: Thieme, 1995. P. 671-677.
16. Toubner J., Bohrer M., Van Kaick G. et al. Echomorphologie des Mammakarzinoms // Radiologe. 1993. T. 33. S. 277-286.
17. Rotten D., Levailant J.M., Zerat L. Analysis of normal breast tissue and of solid breast masses using three-dimensional ultrasound mammography // Ultrasound Obstet. Gynecol. 1999. V. 14. No. 2. P. 114-124.

18. Постнова Н.А., Васильев А.Ю. Возможности эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике изменений молочных желез // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 60–71.
19. Мирошниченко И.В., Ананьева Н.А., Шахворостов В.А., Ефименко Ю.В. Роль эластографии сдвиговой волной в диагностике образований молочных желез в амбулаторных условиях // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 72–78.
20. Кабин Ю.В., Громов А.И., Капустин В.В. Первый опыт применения ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в диагностике рака молочной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 79–84.
21. Митьков В.В., Чубарова К.А., Заболотская Н.В., Митькова М.Д., Яурова Н.В. Информативность ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в диагностике рака молочной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014. № 1. С. 11–24.
22. Митьков В.В., Чубарова К.А., Заболотская Н.В., Митькова М.Д. Возможности эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике очаговой формы злокачественных и доброкачественных опухолей молочных желез // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 6. С. 27–38.
23. Семиглазов В.Ф., Нургазиев К.Ш., Арзуманов А.С. Опухоли молочной железы (лечение и профилактика). Алматы, 2001. 345 с.
24. Evans A., Whelehan P., Thomson K. et al. Invasive breast cancer: relationship between shear-wave elastographic findings and histologic prognostic factors // Radiology. 2012. V. 263. No 3. P. 673–677.
25. Rzymiski P., Skorzevska A., Skibinska-Zielinska M., Opala T. Factors influencing breast elasticity measured by the ultrasound Shear Wave elastography – preliminary results // Arch. Med. Sci. 2011. V. 7. No. 1. P. 127–133.
26. Evans A., Whelehan P., Thomson K. et al. Invasive breast cancer: relationship between shear-wave elastographic findings and histologic prognostic factors // Radiology. 2012. V. 263. No. 3. P. 673–677.
27. Youk J.H., Gweon H.M., Son E.J. et al. Shear-wave elastography of invasive breast cancer: correlation between quantitative mean elasticity value and immunohistochemical profile // Breast Cancer Res. Treat. 2013. V. 138. No. 1. P. 119–126.
28. Chang J.M., Park I.A., Lee S.H. et al. Stiffness of tumours measured by shear-wave elastography correlated with subtypes of breast cancer // Eur. Radiol. 2013. V. 23. No. 9. P. 2450–2458.

Shear Wave Elastography in Multiparametric Ultrasound Diagnosis of Malignant Breast Tumors of Different Sizes

V.V. Mitkov¹, K.A. Chubarova², N.V. Zabolotskaya¹, M.D. Mitkova¹, N.V. Yaurova³

¹ *Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow*

² *Moscow Police Clinical Hospital, Russian Ministry of Interior*

³ *Moscow Regional Scientific and Research Clinical Institute*

V.V. Mitkov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education. K.A. Chubarova – M.D., Ultrasound Diagnostics Department, Moscow Police Clinical Hospital, Russian Ministry of Interior. N.V. Zabolotskaya – M.D., Ph.D., Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education. M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education. N.V. Yaurova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Division of Radiology, Moscow Regional Scientific and Research Clinical Institute.

Retrospective analysis of 44 breast cancer cases verified by morphological examination was done. All malignant tumors were divided in two groups according to their maximal size as follows: 1st group – 32 tumors with size ≥ 1 cm, 2nd group – 12 tumors with size < 1 cm. There were significant positive correlations between maximal size of tumor and values of E_{max} ($r_s = 0.47$), E_{mean} ($r_s = 0.43$), SD ($r_s = 0.36$), and SWE -ratio ($r_s = 0.33$) ($P < 0.05$ for all correlations). There was a significant difference between values of E_{mean} , E_{max} , and SD in first and second groups ($P < 0.05$ for all comparisons). Vertical orientation was noticed more frequently in tumors with size < 1 cm ($P < 0.05$). There was a significant correlation between E_{max} value and lesion's vascularization in small tumors (< 1 cm) ($r_s = 0.67$, $P < 0.05$). E_{max} values were significantly higher in small tumors (< 1 cm) with vascular signals comparing to avascular tumors (156.9 and 124.78 kPa) (medians) ($P < 0.05$). SWE -ratio in first group (tumor size ≥ 1 cm) correlated significantly with absence of retraction pattern in 3D mode ($r_s = 0.50$, $P < 0.05$). SWE -ratio was significantly lower if there was a retraction pattern in 3D mode (8.2 and 11.1) (medians) ($P < 0.05$). Received data can be useful in differential diagnosis of small malignant tumors (< 1 cm).

Key words: *breast ultrasound, ultrasound elastography, shear wave elastography, breast cancer, and breast fibroadenoma.*