

# Содержание

|  |   |
|--|---|
| Введение. . . . .  | 6 |
| Физические принципы ультразвуковой эластографии. . . . . | 7 |
| Основные виды ультразвуковой эластографии. . . . .       | 8 |

## *Раздел 1*

|  |          |
|--|----------|
| <b>Методика выполнения компрессионной соноэластографии при ультразвуковом исследовании молочных желез. . . . .</b> | <b>9</b> |
| 1.1. Получение изображения в В-режиме с выделением зоны интереса и зоны контроля в окружающей ткани. . . . .       | 9        |
| 1.2. Выполнение технической процедуры эластографического исследования. . . . .                                     | 9        |
| 1.3. Качественный анализ полученной эластограммы. . . . .  | 11       |
| 1.4. Оценка эластичности тканей в пределах зоны эластографического картирования. . . . .                           | 11       |
| 1.5. Достоинства и недостатки метода. . . . .  | 11       |
| 1.6. Диагностическая ценность метода. . . . .  | 12       |

## *Раздел 2*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Методика выполнения соноэластографии сдвиговой волны при ультразвуковом исследовании молочных желез. . . . .</b> | <b>13</b> |
| 2.1. Выполнение технической процедуры эластографического исследования. . . . .                                      | 13        |
| 2.2. Качественный анализ полученной эластограммы. . . . .   | 14        |
| 2.3. Достоинства и недостатки метода. . . . .   | 17        |
| 2.4. Диагностическая ценность метода. . . . .   | 17        |

## *Раздел 3*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Интерпретация эластограмм, использование данных соноэластографии в дифференциальной диагностике узловых образований в молочных железах. . . . .</b> | <b>19</b> |
| Клинические примеры. . . . .   | 22        |
| Заключение. . . . .  | 26        |
| Вопросы для самоконтроля. . . . .  | 27        |
| Рекомендуемая литература. . . . .  | 29        |

## Раздел 1

# Методика выполнения компрессионной соноэластографии при ультразвуковом исследовании молочных желез

Компрессионная соноэластография технически сложная процедура, требующая от оператора четкого соблюдения условий и контроля правильности проведения на всех этапах исследования.

К контролируемым оператором техническим параметрам относятся:

- выделение объекта исследования (зоны интереса);
- установление положения ультразвукового датчика, при котором возможно получение корректного СЭГ-изображения;
- оценка графического отображения механических колебаний датчика («кривой регистрации»);
- размещение зоны интереса (region of interest, ROI) и зоны контроля.

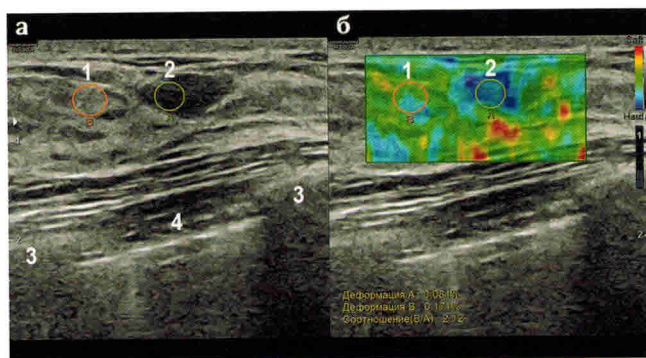
**Важно!** Анализ волны для исследования, выбор участка синусоидальной кривой графика эластограммы осуществляются по методике, предложенной фирмой-производителем ультразвукового аппарата.

### 1.1. Получение изображения в В-режиме с выделением зоны интереса и зоны контроля в окружающей ткани

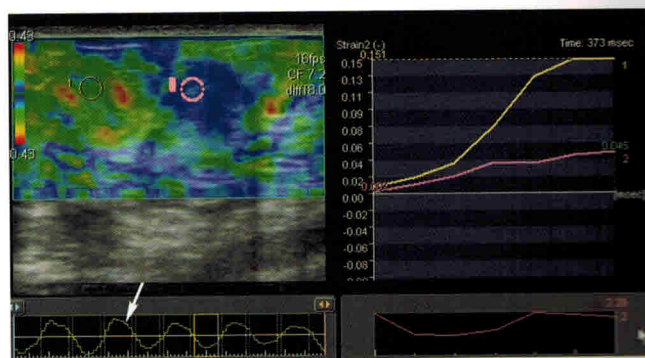
Зона интереса должна находиться на одинаковом расстоянии с зоной контроля от центральной оси сканирования для обеспечения равнозначного давления при проведении компрессии. Необходимо, чтобы подлежащие ткани имели однородную структуру. Применительно к молочной железе это ткани межреберья или ребро. Обязательным условием является отсутствие смещения молочной железы вместе с датчиком, поэтому нужно выбрать положение пациента, при котором смещения не происходит, либо зафиксировать железу (рис. 1).

### 1.2. Выполнение технической процедуры эластографического исследования

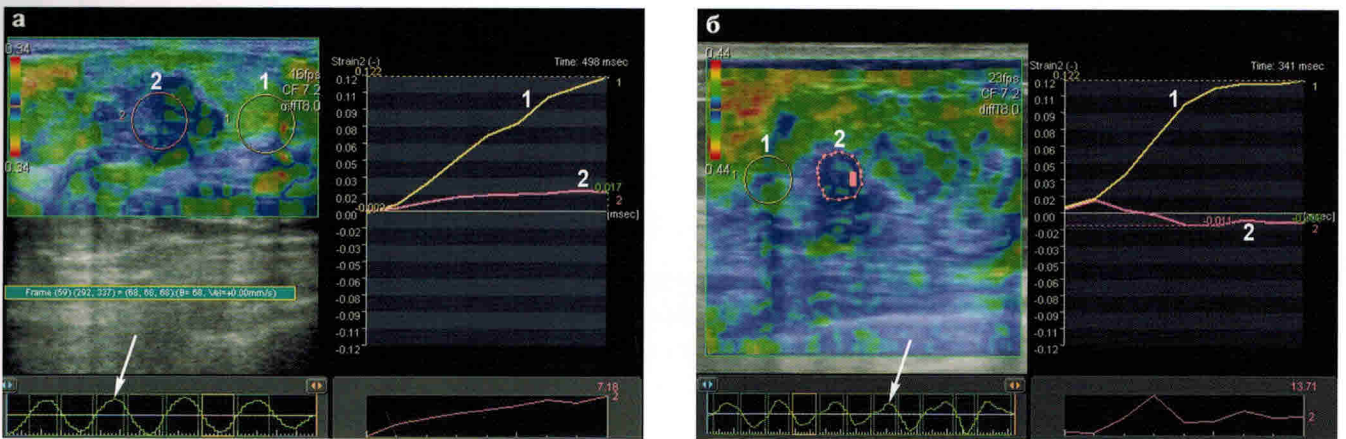
Заключается в проведении рекомендованных производителем УЗ-аппарата колебательных движений той или иной интенсивности и глубины. Действия, как правило, отображаются на совмещенном экране в виде графиков-кривых (рис. 2).



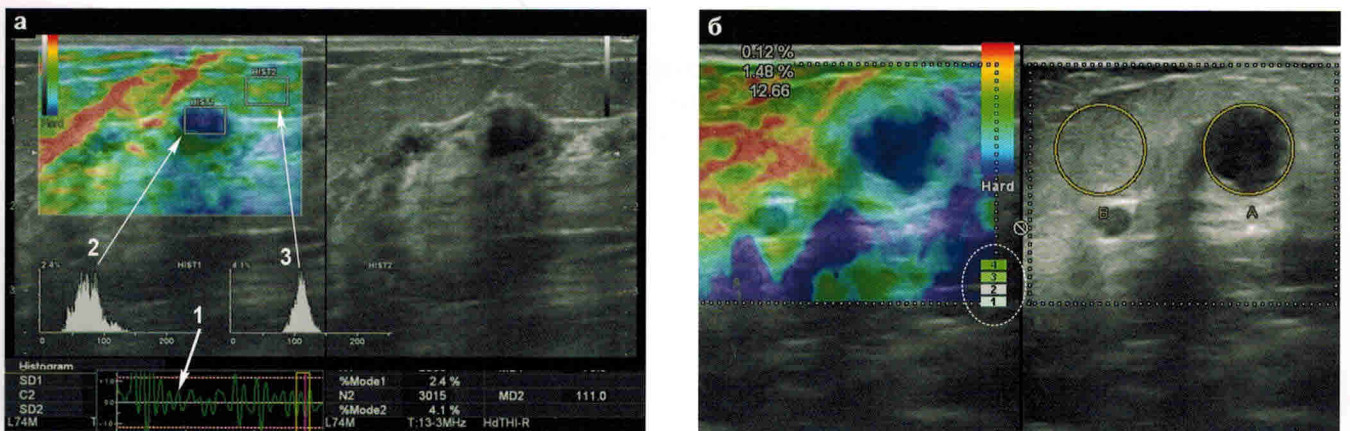
**Рис. 1.** Компрессионная соноэластография: а — В-режим, б — эластограмма; 1 — зона контроля (оранжевая окружность), 2 — зона интереса (зеленая окружность), 3 — ребро, 4 — межреберье.



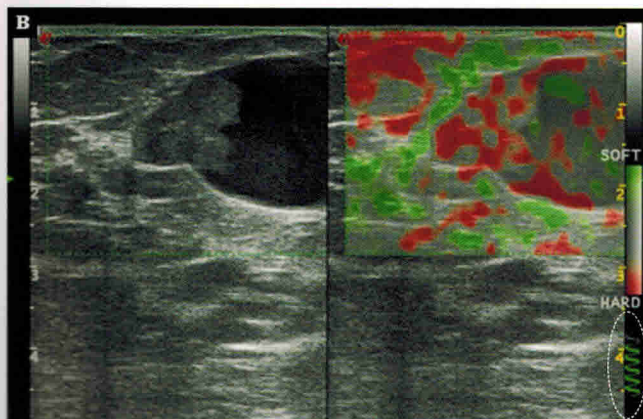
**Рис. 2.** Компрессионная соноэластография: отображение колебаний датчика (циклы сжатия-расслабления) в виде графика-кривой (стрелка).



**Рис. 3. Компрессионная соноэластография. Высокоамплитудные колебательные движения, кривые регистрации:**  
**а** — корректное воспроизведение колебательных движений: равномерные и глубокие кривые графиков (стрелка); выше изолинии — сжатие, ниже — расслабление;  
**б** — некорректное воспроизведение колебательных движений: нечеткие кривые графиков.  
 Обозначения: **1** — контур и график зоны контроля, **2** — контур и график зоны интереса.



**Рис. 4. Компрессионная соноэластография, низкоамплитудные колебательные движения. Различное представление зоны контроля уровня компрессии:**  
**а** — в виде кривой (стрелка 1); гистографический анализ в зоне интереса — стрелка 2, гистографический анализ в зоне контроля — стрелка 3;  
**б** — в виде цифровой шкалы (обведена пунктиром);  
**в** — в виде «спирали заполнения» (обведена пунктиром).



Необходимо добиваться четкости и глубины движений согласно рекомендациям производителя аппаратуры. Как правило, подобные движения датчиком могут быть высокой амплитуды и плавные либо невысокой амплитуды (иногда по типу дрожания) и короткие. Соответственно, отображения графиков-кривых могут быть различными. Примеры таких графиков приведены на рисунках 3, 4.

## Раздел 2

# Методика выполнения соноэластографии сдвиговой волны при ультразвуковом исследовании молочных желез

Сдвиговые волны — это ультразвуковые поперечные волны, распространяющиеся в основном в твердых телах. В мягких биологических тканях при определенных условиях они также могут возникать в силу особых (резиноподобных) свойств биологических тканей, обусловленных вязкостью. В жидкой однородной среде без вязкости сдвиговые волны возникать не могут.

Скорость распространения сдвиговых волн определяется модулем сдвига  $G$ , который прямо пропорционален модулю упругости тканей (модулю Юнга) —  $E$ . Измерив скорость распространения сдвиговой волны, можно получить количественную оценку модуля Юнга и, следовательно, **количественно характеризовать жесткость ткани**. Это существенное преимущество соноэластографии сдвиговых волн по сравнению с другими методами соноэластографии.

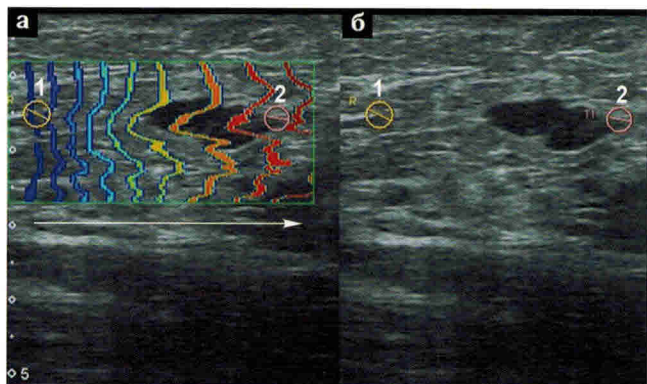
В отличие от компрессионной соноэластографии, технология использования сдвиговых волн позволяет применять несколько более низкочастотные датчики. Поэтому глубина получения эластографической информации на сдвиговых волнах несколько больше [1].

Соноэластография с использованием сдвиговых волн отличается от традиционной компрессионной соноэластографии на основе оценки продольных деформаций, возникающих при сдавливании тканей, тем, что обеспечивает большую объективность при оценке границ образований с различной эластичностью и меньшую зависимость от опыта исследователя.

### 2.1. Выполнение технической процедуры эластографического исследования

Процедура получения изображения очень проста, требует соблюдения следующих условий:

- необходима фиксация неподвижного датчика над зоной интереса;
- давление на ткани под датчиком должно быть минимальным;
- подвижность этих тканей необходимо минимизировать.

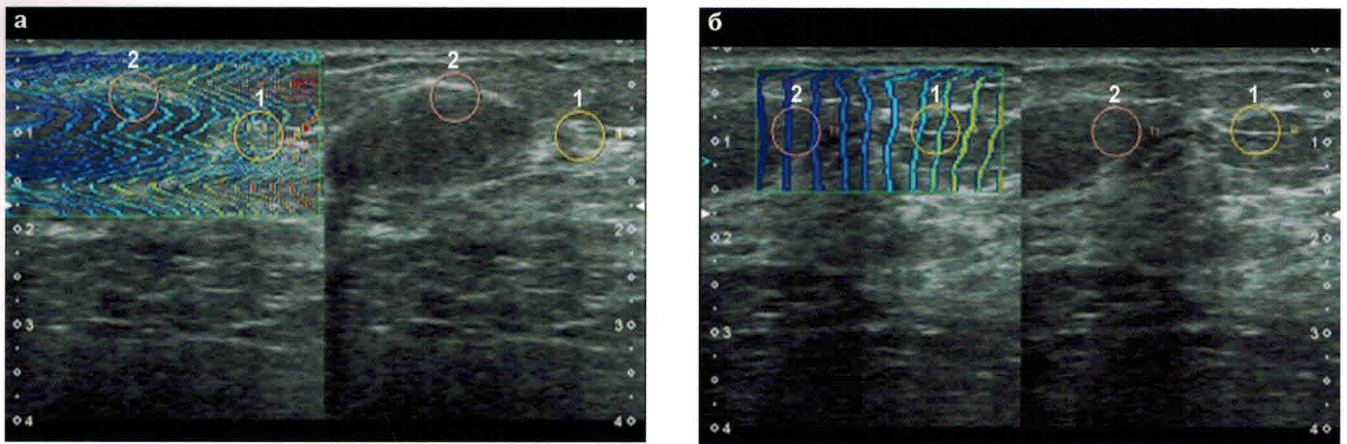


**Рис. 6.** Соноэластография сдвиговой волны. Эластограмма в режиме «propagation» зоны картирования (а) и эхограмма в В-режиме (б): волны для оценки «сдвига» распространяются слева направо (стрелка); деформация волны в зоне «жесткого» узлового образования с изменением цвета от синего к красному.

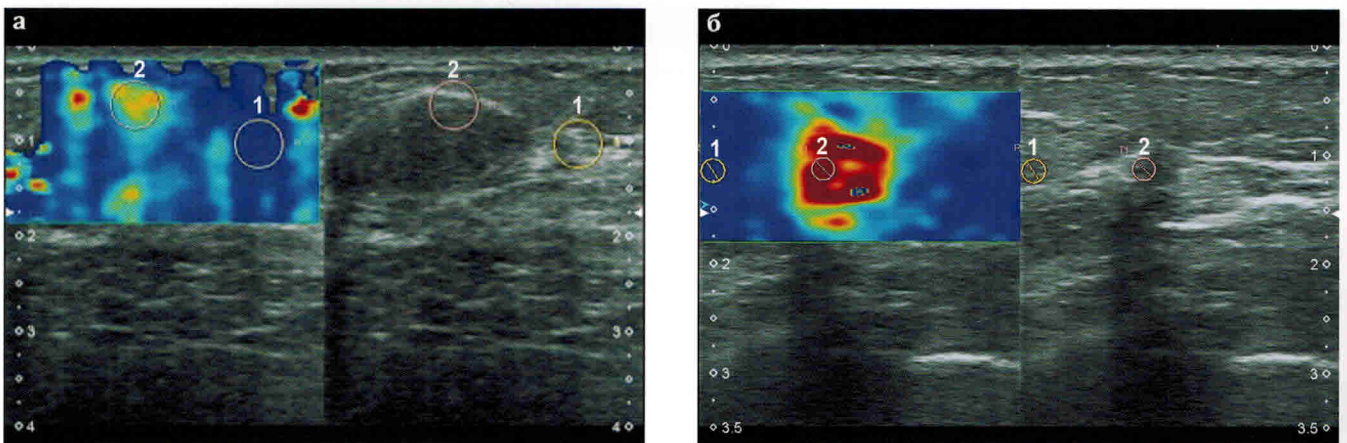
Обозначения: **1** — зона контроля, **2** — зона интереса.

В некоторых моделях ультразвуковых сканеров реализован режим «распространения» (propagation), при котором отображается распространение основных потоков сдвиговых волн в зоне применения режима — зоне картирования (рис. 6).

Размеры зоны картирования для оценки сдвиговых волн не должны быть большими — необходимо их минимизировать (рис. 7), а окрашивание должно быть равномерным (рис. 8).



**Рис. 7. Соноэластография сдвиговой волны. Эластограммы в режиме «propagation» зоны картирования:**  
 а — многократное изменение направления распространения сдвиговых волн — некорректное изображение из-за больших размеров зоны картирования;  
 б — «правильное» направление распространения сдвиговых волн — корректные размеры зоны картирования.  
 Обозначения: 1 — зона контроля, 2 — зона интереса.



**Рис. 8. Соноэластография сдвиговой волны. Эластограммы в режиме «прокрашивания» зоны картирования:**  
 а — некорректное изображение: множественные непрокрашенные зоны в верхней части зоны картирования, а также ориентированные сверху вниз ложные участки повышенной жесткости;  
 б — корректное изображение: равномерное прокрашивание с четкой зоной повышенной жесткости.  
 Обозначения: 1 — зона контроля, 2 — зона интереса.

## 2.2. Качественный анализ полученной эластограммы

Технология сдвиговых волн отличается от компрессионной эластографии. Размер зоны интереса должен совпадать с участком окрашивания, соответствующим наибольшей жесткости, вне зависимости от расположения узлового образования на экране. Зона контроля размещается на участке наименьшей жесткости, и, в отличие от компрессионной эластографии, необязательно ее расположение на одном уровне с зоной интереса. Размер зоны контроля такой же, как и размер зоны интереса (рис. 10–12).

Необходимо помнить о затухании волн при увеличении глубины расположения исследуемой зоны (рис. 10).

В связи с особенностями распространения и отражения сдвиговых волн степень прокрашивания зон высокой жесткости имеет отличительные признаки. Типы окрашивания «жестких» узловых образований на эластограммах представлены на рисунках 11–12.

## Клинические примеры

### Клинический пример 1

Рубцовая ткань после перенесенного три года назад мастита (рис. 15).

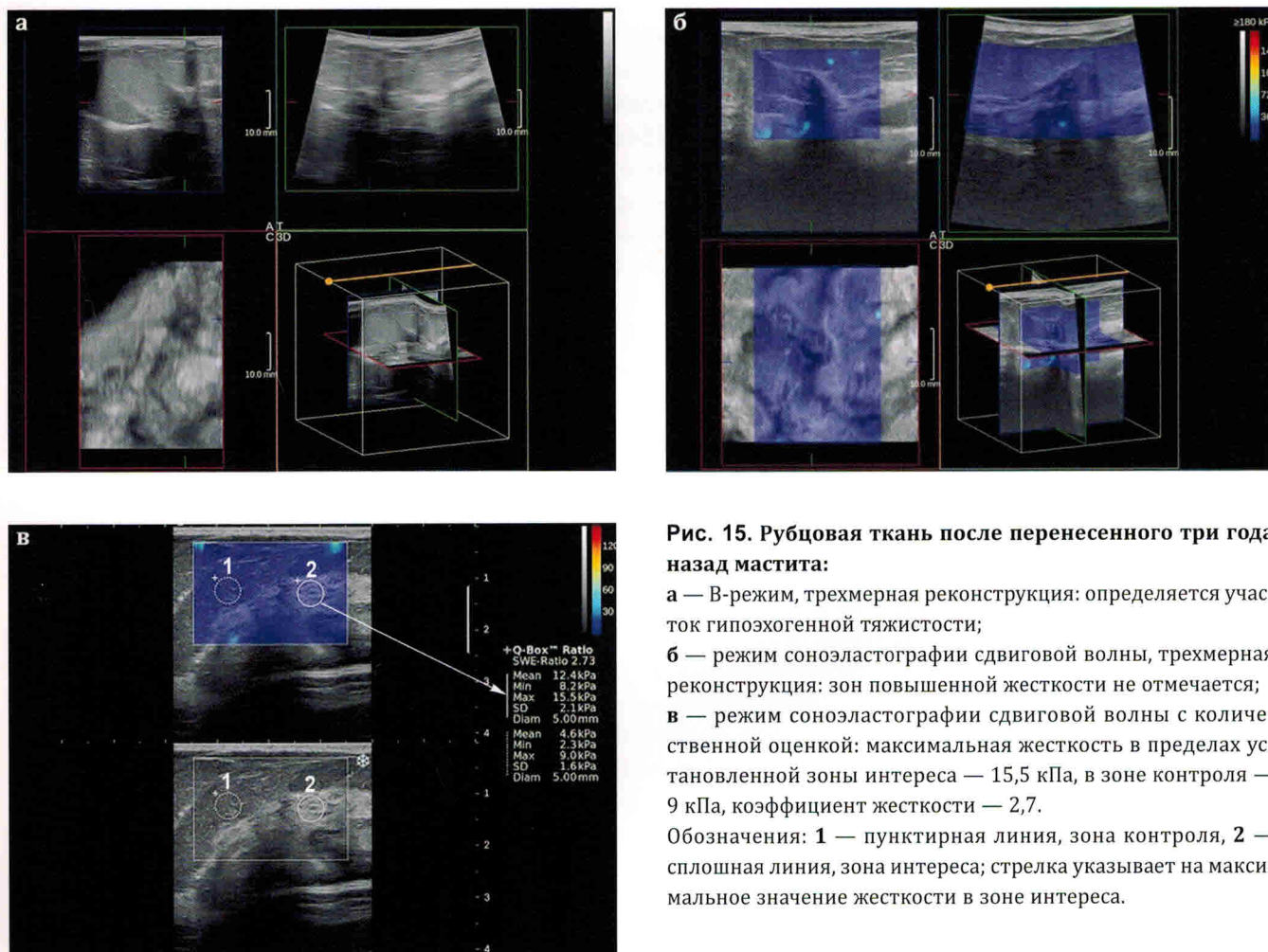


Рис. 15. Рубцовая ткань после перенесенного три года назад мастита:

а — В-режим, трехмерная реконструкция: определяется участок гипоехогенной тяжистости;

б — режим соноэластографии сдвиговой волны, трехмерная реконструкция: зон повышенной жесткости не отмечается;

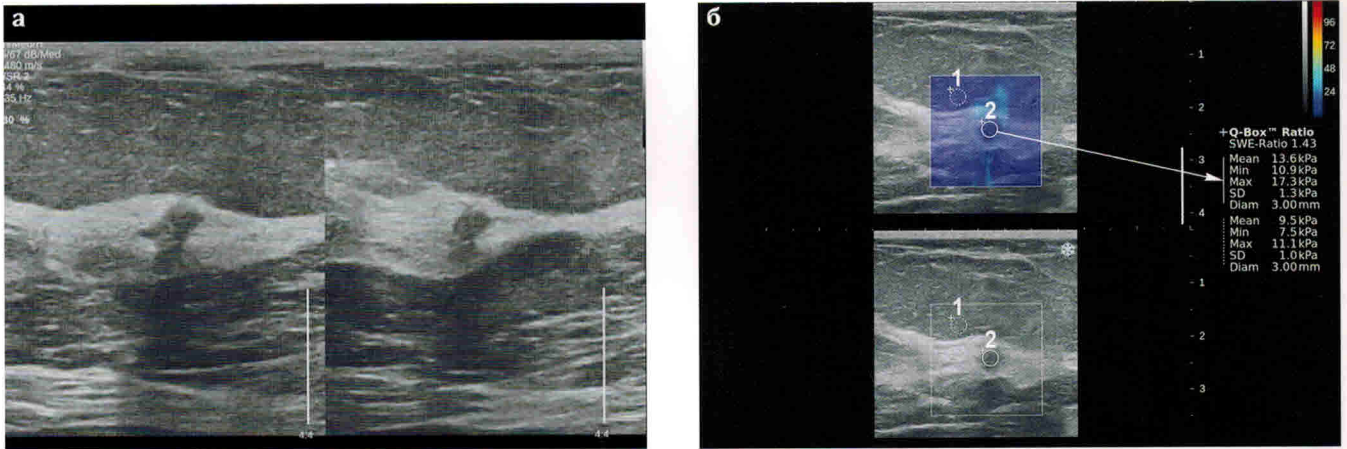
в — режим соноэластографии сдвиговой волны с количественной оценкой: максимальная жесткость в пределах установленной зоны интереса — 15,5 кПа, в зоне контроля — 9 кПа, коэффициент жесткости — 2,7.

Обозначения: 1 — пунктирная линия, зона контроля, 2 — сплошная линия, зона интереса; стрелка указывает на максимальное значение жесткости в зоне интереса.

Из протокола УЗ-исследования молочных желез: «В верхнем наружном квадранте правой молочной железы лоцируется деформация структуры железы с участком гипоехогенной тяжистости, размерами около 1,2 × 1 × 1,1 см, без регистрации внутреннего кровотока, СЭГ: max = 15 кПа.

**Заключение:** ультразвуковая картина рубцовых изменений в правой молочной железе».

**Комментарий.** Данные анамнеза (перенесенный три года назад мастит) и результаты эластографического исследования позволили поставить правильный диагноз. По данным рентгеновской маммографии — подозрение на рак. По настоянию пациентки выполнена секторальная резекция молочной железы. Патоморфологическое исследование подтвердило данные УЗИ.

**Клинический пример 2****Жировая «долька в фиброзе»** (рис. 16).**Рис. 16. Жировая «долька в фиброзе»:**

**а** — В-режим: в правой молочной железе определяется образование пониженной эхогенности;

**б** — режим соноэластографии сдвиговой волны с количественной оценкой: максимальная жесткость в пределах установленной зоны интереса — 17,3 кПа, в зоне контроля — 11,1 кПа, коэффициент жесткости — 1,4.

Обозначения: **1** — пунктирная линия, зона контроля, **2** — сплошная линия, зона интереса; стрелка указывает на максимальное значение жесткости в зоне интереса.

Из протокола УЗ-исследования молочных желез: «В нижнем наружном квадранте правой молочной железы лоцируется изоэхогенный участок 0,9 × 0,7 × 0,6 см, с ровными, местами нечеткими контурами на фоне повышенной эхогенности окружающей ткани, без регистрации внутреннего кровотока, СЭГ: max = 17 кПа.

**Заключение:** ультразвуковая картина участка жировой ткани на фоне фиброза в правой молочной железе».

**Комментарий.** Подобные находки при стандартном ультразвуковом исследовании чаще всего вынуждают врача выполнять биопсию псевдообразований. Эластография помогает правильно оценить характер изменений. У пациентки в течение двух лет наблюдения динамики не отмечалось.