

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

С.В. Фомина

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ

Учебное пособие

Под ред. М.А. Зоркальцева

Томск
Издательство СибГМУ
2024

УДК 616-018-073.432.1(075.8)

ББК 53.433.8:28.706я73

Ф 762

Фомина, С.В.

Ф 762

Ультразвуковая эластография: учебное пособие / С.В. Фомина; под ред. М.А. Зоркальцева. – Томск: Изд-во СибГМУ, 2024. – 42 с.

Учебное пособие содержит материал, характеризующий технологию ультразвуковой эластографии. Подробно описана методика проведения эластографии для печени и поверхностно расположенных органов. Представлены данные использования ультразвуковой эластографии в диагностических алгоритмах диффузных заболеваний печени, образований щитовидной и молочной желез с учетом клинических рекомендаций. Отдельное внимание уделено факторам, влияющим на результаты исследования. Представлен протокол эластографии сдвиговой волны печени. Приведены клинические примеры.

Пособие подготовлено для последипломного профессионального образования врачей ультразвуковой диагностики, врачей и ординаторов клинического профиля ультразвуковая диагностика, терапия, гастроэнтерология, онкология, эндокринология, хирургия.

УДК 616-018-073.432.1(075.8)

ББК 53.433.8:28.706я73

Под редакцией М.А. Зоркальцева – д-р мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, заместитель главного врача по развитию клиник ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России

Рецензенты:

Климентенко Надежда Леонидовна – канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, г. Томск

Фатеева Светлана Викторовна – канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» Научно-исследовательский институт онкологии, г. Томск

Утверждено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией педиатрического факультета ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России (протокол № 2 от 6 июня 2024 г.).

© Макет Издательства СибГМУ, 2024

© Фомина С.В., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Список сокращений	5
ГЛАВА I. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЭЛАСТОГРАФИИ	6
1. Физические основы эластографии	6
2.Arteфакты при проведении эластографии.....	7
3. Виды эластографии	8
ГЛАВА II. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛАСТОГРАФИИ. 11	11
1. Компрессионная эластография поверхностно расположенных органов.....	11
2. Эластография сдвиговой волны поверхностно расположенных органов.....	13
3. Эластография сдвиговой волны	14
ГЛАВА III. ЭЛАСТОГРАФИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ .. 16	16
1. Клинические рекомендации	16
2. Компрессионная эластография	17
3. Эластография сдвиговой волны.....	19
ГЛАВА IV. ЭЛАСТОГРАФИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ..... 20	20
1. Клинические рекомендации	20
2. Компрессионная эластография	22
3. Эластография сдвиговой волны.....	23
ГЛАВА V. ЭЛАСТОГРАФИЯ ПЕЧЕНИ	25
1. Клинические рекомендации	25
2. Эластография сдвиговой волны.....	27
3. Факторы, влияющие на результаты исследования. Ошибки	28
4. Пример протокола исследования печени ультразвуковой эластографии сдвиговой волны.....	32
Клинические примеры	33
Тестовые задания.....	36
Ответы на тестовые задания	39
Рекомендуемая литература	40

Введение

Технологическое развитие ультразвуковой диагностики открывает новые возможности получения информации не только о размерах и структуре исследуемых органов и тканей, но и о упруго-эластических свойствах, что реализовано в методике эластография. Ультразвуковая эластография широко применяется в диагностических алгоритмах при заболеваниях поверхностно расположенных органов, в первую очередь, как инструмент дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований. Среди внутренних органов эластография зарекомендовала себя, как надежный метод диагностики хронических диффузных заболеваний печени. Этот метод вошел в клинические рекомендации инфекционных и неинфекционных заболеваний печени. Диагностика метода базируется на особенностях тканей менять свои упруго-эластические свойства, как при физиологических процессах, таких как старение, так и патологических изменениях, а именно при воспалении и злокачественных изменениях. Данное методическое пособие включает физические основы метода эластографии, методику выполнения, клинические рекомендации, артефакты и ошибки, клинические примеры.

Список сокращений

SE	– компрессионная эластография
SWE	– эластография сдвиговой волны
ARFI (pSWE)	– точечная эластография сдвиговой волны
2D-SWE/3D-SWE	– многомерная эластография сдвиговой волны
ТЭ	– транзиентная эластография
SR	– Strain ratio (полуколичественная оценка компрессионной эластографии)
IQR/M	– интерквартильный диапазон
cACLD	– компенсированное прогрессирующее хроническое заболевание печени

ГЛАВА I

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЭЛАСТОГРАФИИ

1. Физические основы эластографии

Эластография – метод оценки упруго-эластических (механических) свойств тканей и органов.

Он включает группу методов дифференциации тканей по их жесткости путем механического воздействия на них и анализа деформации, получаемых с помощью ультразвуковых сканеров, фиброскана или магнито-резонансных томографов.

Соноэластография (ультразвуковая эластография) – метод дифференциации тканей по степени их жесткости с помощью ультразвуковых диагностических систем.

Основная терминология

- **Эластичность (упругость)** – свойство материала (ткани) обратимо изменять (восстанавливать) размер и форму под действием нагрузки.
- **Жесткость** – способность ткани сопротивляться деформации при воздействии нагрузки, а именно:
 - ✓ Чем больше жесткость, тем меньше деформация.
 - ✓ Физическую основу метода составляет модуль Юнга (модуль упругости), который характеризует свойства мягких тканей сопротивляться растяжению/сжатию при упругой деформации.
 - ✓ Модуль Юнга показывает насколько трудно деформировать материал растяжением или сжатием.
 - ✓ Чем больше жесткость ткани, тем больше модуль упругости, тем меньше деформации.

В зависимости от вида эластографии модуль Юнга рассчитывается по формуле, представленной в таблице 1.

Таблица 1

Виды расчета модуля Юнга в зависимости от типа эластографии

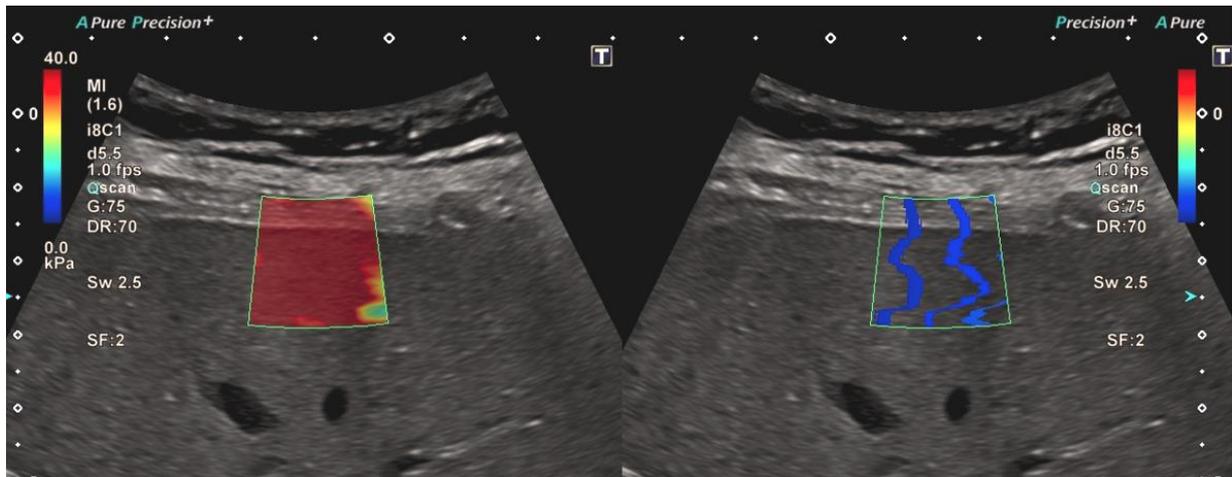
<i>Компрессионная эластография</i>	<i>Эластография сдвиговой волны</i>
$E = \sigma/\varepsilon$	$E = 3\rho c^2$
Количественная оценка модуля упругости (E) равна отношению <i>силы одностороннего воздействия (σ)</i> к <i>деформации ткани (ε)</i> . Величина компрессии выше там, где упругость ткани ниже	Количественная оценка упругости (E) через <i>скорость распространения сдвиговой волны (c)</i> в ткани (плотность вещества (ρ)), <i>эластография сдвиговой волны</i>
<p>Модуль Юнга (модуль упругости) зависит:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>от эластичности ткани</i> <p>Модуль Юнга (модуль упругости) НЕ зависит:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>от размеров</i> • <i>от формы</i> 	
<p>Эластические свойства тканей меняются:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>при старении</i> • <i>при воспалении</i> • <i>при раке</i> <p>Опухолевая ткань имеет <i>коэффициент жесткости до 28 раз больше здоровой ткани</i> и в момент компрессии деформируется в меньшей степени</p>	

Примечание: σ – силы одностороннего воздействия на стержень, ε – деформация ткани, ρ – плотность вещества, c – скорость распространения сдвиговой волны.

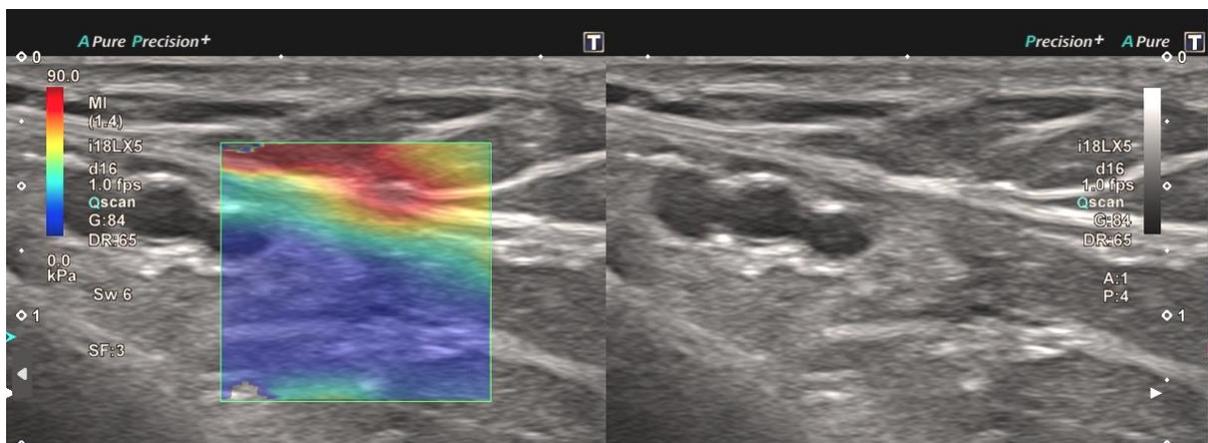
2. Артефакты при поведении эластографии

При выполнении эластографии артефакты изображения возникают при следующих ситуациях (рис. 1, 7, 9, 11):

- Слишком сильный нажим на датчик (особенно для молочной и щитовидной железы).
- Кальцинированные поражения, очень жесткие структуры (выше 200 кПа).
- Граница мышечной ткани (жесткая зона), капсула печени (рис. 9).



1



2

Рис. 1. Примеры артефактов: 1 – сильный нажим датчика. Капсула печени, околокапсулярная зона (жесткая зона); 2 – жесткие структуры зоны измерения. Граница мышечной ткани (жесткая зона)

3. Виды эластографии

Ультразвуковая

- Компрессионная (SE)
- Сдвиговой волны (SWE)
 - Точечная (ARFI)
 - Многомерная (2D-SWE/3D-SWE)

Транзиентная (Fibroscan)

Магнитно- резонансная

➤ **Магнитно-резонансная эластография** количественно определяет жесткость ткани путем вычисления модуля сдвига при смещении сдвиговой волны в ответ на механическое воздействие. В России еще не получила широкого распространения.

➤ **Транзиентная эластография (ТЭ)** – одномерная, слепая, используется для оценки степени цирроза, фиброза (Fibroscan).

- Количественная оценка скорости распространения сдвиговой волны в кПа.
- Сдвиговая волна формируется за счет **механического индуцированного толчка на поверхности тела, импульсом 50 Гц.**

Измеряет скорость сдвиговой волны без формирования изображения, **слепая** оценка эластичности паренхимы печени при стандартизированном механическом воздействии.

➤ **Компрессионная эластография** (стрейновая, статистическая, квазистатическая): оценка деформации ткани, вызванной воздействиями нагрузки (компрессия, пульсация сердца, дыхательные движения). Жесткость ткани кодируется цветом и коэффициентом Strain Ratio (SR).

Strain ratio (SR) – полуколичественная оценка, отношение величины деформации к первоначальному значению (зоны поражения/зона контроля).

➤ **Эластография сдвиговой волны** – количественная оценка эластограмм, с регистрацией скорости распространения сдвиговой волны, упруго-эластические свойства тканей определяются количественной оценкой (кПа, м/с) и кодированием цветом. Эластичность тканей оценивается по анализу распространения сдвиговых волн, появляющихся в ответ на акустический импульс, созданный радиационным давлением. Чем выше жесткость ткани, тем выше скорость сдвиговых волн.

Виды: точечная (**ARFI**), многомерная (**2D-SWE/ 3D-SWE**), отличаются по способу генерации импульса и расчету скорости распространения сдвиговой волны.

- **Точечная (ARFI):** УЗ луч фокусирует импульс в одну зону и создает радиационное давление. Энергия давления передается среде и возникают сдвиговые волны, которые распространяются от фокуса в плоскости как «круги на воде». Затем происходит сканирование обычными УЗ-волнами через короткие интервалы, с последующим сравнением исходного и конечного положения среды и расчётом времени прихода сдвиговой волны и скорости распространения. В результате измерение скорости сдвиговых волн происходит на глубине первичного воздействия импульса.

- **Многомерная (2D-SWE/ 3D-SWE):** УЗ луч фокусирует импульс, с автоматическим переключением фокусов, с передачей радиационного давления и генерацией сдвиговых волны по всей глубине. Фронты сдвиговых волн от всех фокусов суммируются в единый фронт на всю глубину. В результате измерение скорости сдвиговых волн происходит на всей глубине сканирования.

ГЛАВА II

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛАСТОГРАФИИ

Правила проведения эластографии (рис. 2):

- ✓ «перпендикулярность» – плоскость сканирования находится под углом 90° от плоскости исследования;
- ✓ «параллельность» – плоскость рабочей поверхности датчика параллельна плоскости исследования.

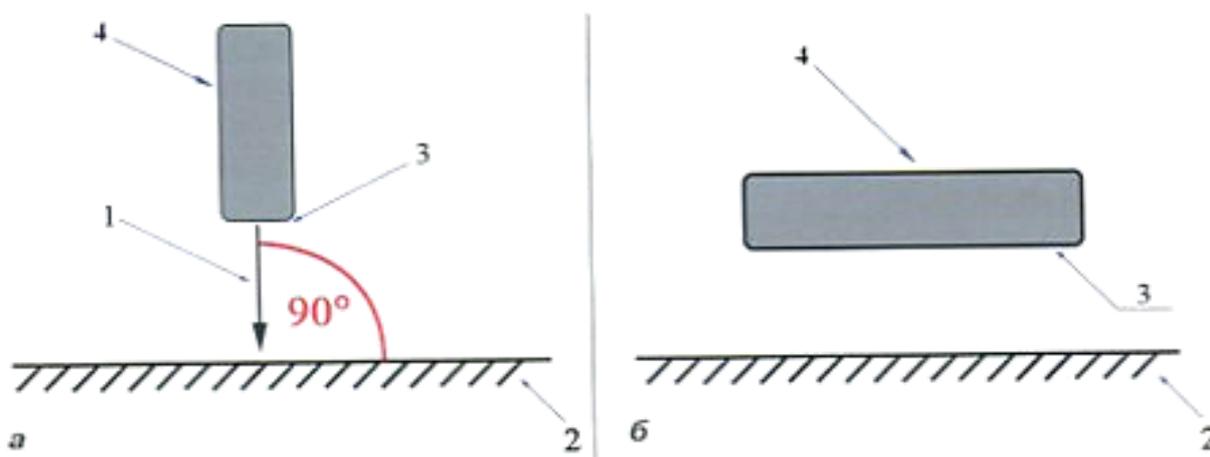


Рис. 2. Правила проведения эластографии: *а* – перпендикулярность, *б* – параллельность. 1 – плоскость УЗ-сканирования, 2 – плоскость исследования, 3 – плоскость рабочей поверхности УЗ-датчика, 4 – УЗ-датчик

1. Компрессионная эластография поверхностно расположенных органов

Методика выполнения компрессионной эластографии поверхностно расположенных органов, на примере щитовидной железы:

1. **I этап – В-режим:** определение зоны интереса, выявление патологического очага максимального размера.
2. **II этап – SE-эластография:**
 - а) включение режима эластографии, стабилизация изображения;
 - б) синхронизация компрессии с контролирующей шкалой аппарата;
 - в) определение(Е) корректного отношения по интенсивности компрессии, окрашивание очага контролирующей шкалой;
 - г) оценка качества визуализации.

3. III этап – проведение измерений (рис. 3):

- а) сравнительные размеры очага в В-режиме и strain-эластографии (мм);
- б) оценка жесткости с учетом качественной шкалы оценки;
- в) оценка распределения жесткости в очаге – однородная/неоднородная (центр/периферия), «эластометрия очага»: в зоне очага фиксируются поля одинаковых размеров для оценки однородности очага (рис. 3а);
- г) сравнительные показатели жесткости:
 - *очаг–перифокальная зона* («очаг–окружающие ткани органа»): на одной глубине фиксируются одинаковые по размеру поля в очаге и в зоне органа (контроля) (рис. 3б);
 - *очаг–отдаленная зона органа* («очаг–окружающие ткани органа»): на одной глубине фиксируются одинаковые по размеру поля в очаге и в зоне органа (контроля) (рис. 3в);
 - *очаг–другой орган* (при необходимости).

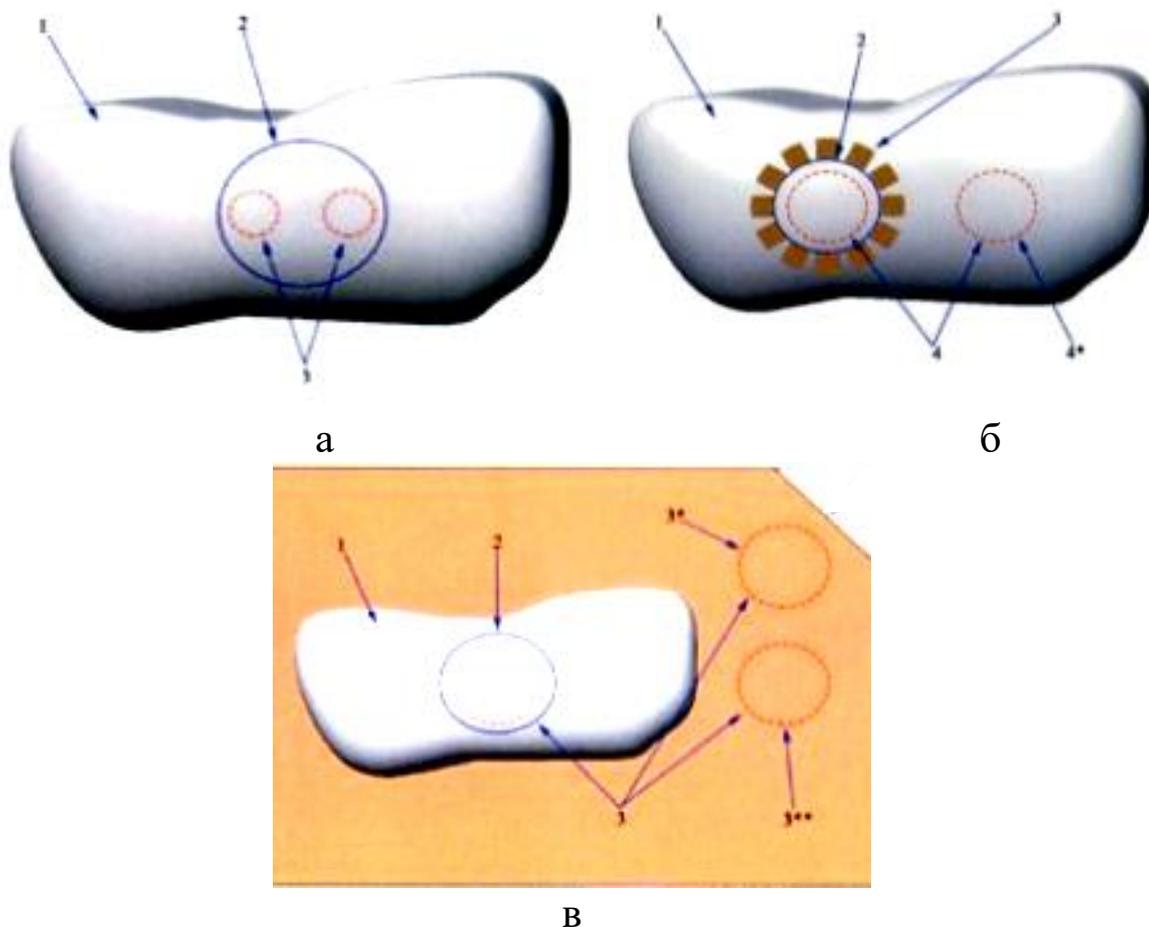


Рис. 3. Проведение измерения жесткости образования: а – «эластометрия очага», б – «очаг-окружающие ткани», в – «очаг – окружающие ткани вне органа»

3. Эластография сдвиговой волны поверхностно расположенных органов

Методика выполнения эластографии сдвиговой волны поверхностно расположенных органов:

- 1. I этап – В-режим:** определение зоны интереса, выявление патологического очага максимального размера.
- 2. II этап – SWE-эластография:** соблюдение правил перпендикулярности и параллельности.
- 3. III этап – проведение измерений (рис. 4):**
 - а) активное окно не менее 80% очагового поражения;
 - б) при образованиях более D 15 мм – несколько активных окон;
 - в) недопустимо наложение окна на капсулу образования;
 - г) при разнородной структуре очага измерение жесткости проводить с максимальным захватом очага (%);
 - д) при разнородной структуре очага предпочтительно на первом этапе проводить оценку компрессионной эластографии для определения зон измерения жесткости.

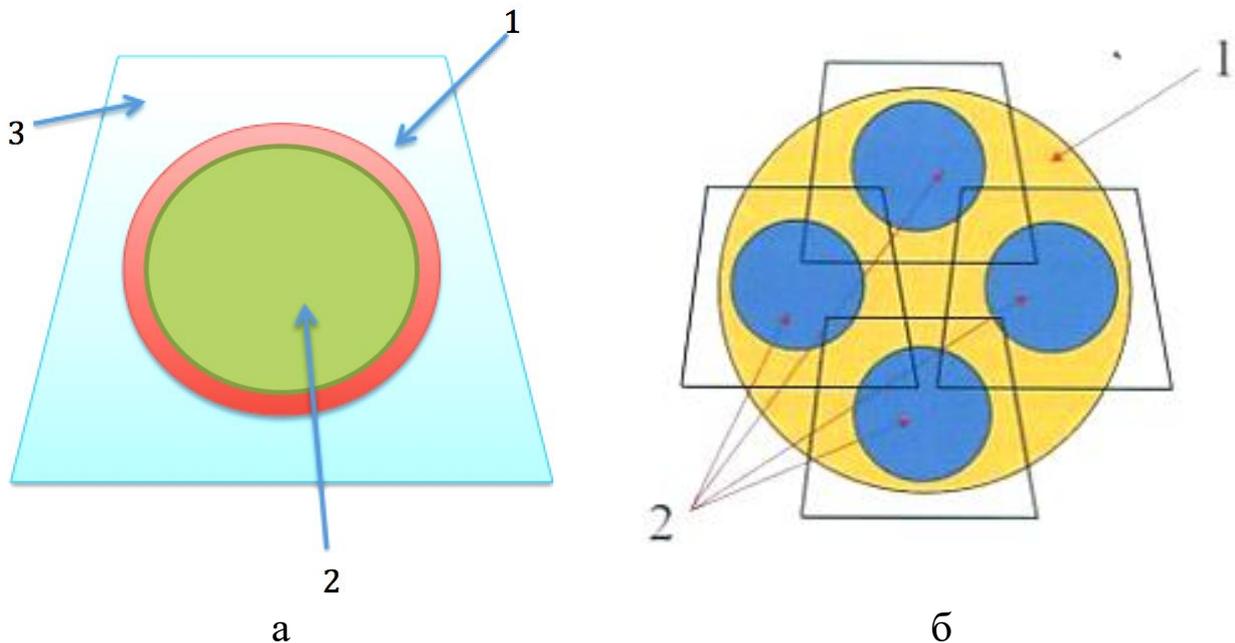


Рис. 4. Проведение измерения жесткости образования: а – зонирование окна измерения в очаге 5–10–15 мм, б – зонирование окон измерения в очаге D более 15 мм: 1 – очаговое образование, 2 – активная зона эластометрии, 3 – граница 2D-SWE

4. Эластография сдвиговой волны

Подготовка к исследованию:

- проведение исследования на фоне голодания протяженностью 4–6 ч;
- отсутствие интенсивной физической активности перед исследованием 10–15 мин (бег, быстрая ходьба).

Методика проведения эластографии сдвиговой волны печени:

1. **I этап – В-режим:** определение зоны интереса (рис. 5):
 - а) позиция пациента: лежа на спине с запрокинутой за голову рукой для расширения межреберных промежутков. Датчик размещается в межреберном промежутке;
 - б) поиск наилучшего акустического окна при свободном дыхании;
 - в) район интереса: на 1,5–2 см ниже капсулы Глиссона, в участке паренхимы печени свободной от сосудов. Рекомендуются глубина исследования 4–5 см (рис. 8, 10–12);
 - г) капсула печени представлена четкой гиперэхогенной линией перпендикулярно направлению УЗ-луча (рис. 10);
 - д) контрольный объем размещается в участке печени свободном от крупных сосудов и желчных протоков (рис. 12).
2. **II этап – SWE-эластография:** проведение эластографии при задержке дыхания в нейтральной позиции (на середине вдоха).
3. **III этап – проведение измерений:**
 - **Точечная, ARFI (SWE):** не менее 10 измерений с автоматическим расчетом медианы и интерквартильного диапазона (<30% для модуля Юнга (кПа) или <15% для скорости сдвиговой волны (м/с)).
 - **Многомерная (2D-SWE/ 3D-SWE):** не менее 3 измерений с автоматическим расчетом медианы и интерквартильного диапазона (<30% для модуля Юнга (кПа) или <15% для скорости сдвиговой волны (м/с) (рис. 5.1)).

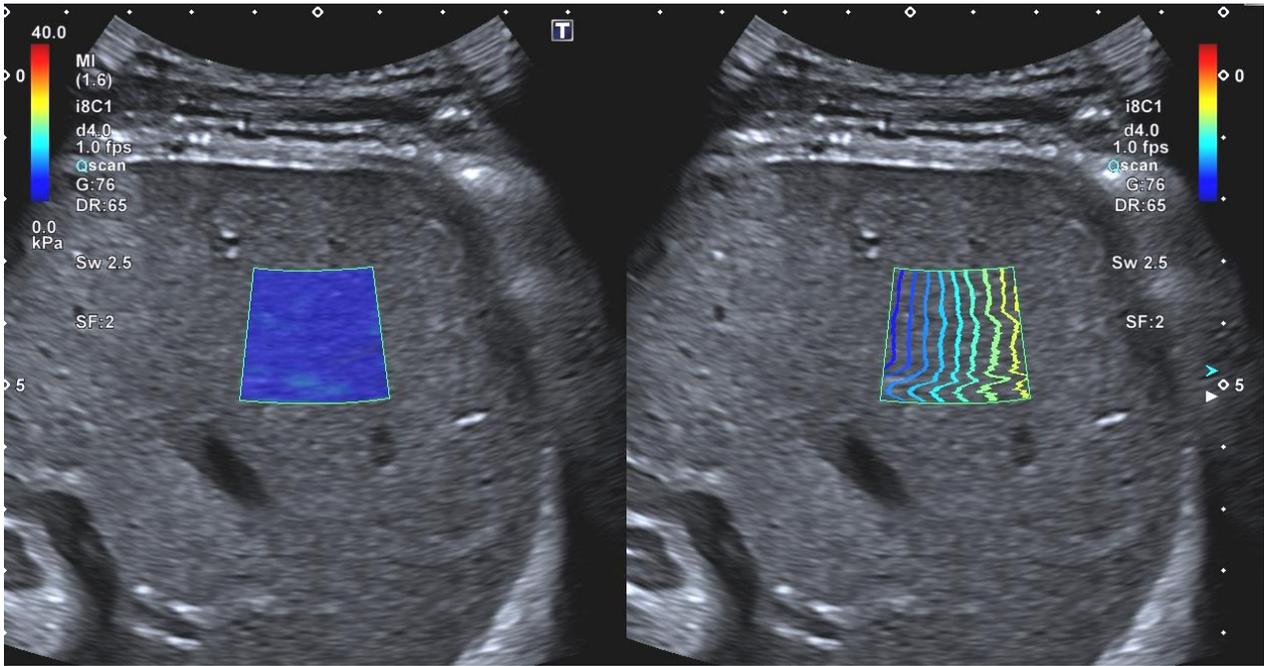


Рис. 5. Капсула печени в виде четкой гиперэхогенной линии. Контрольный объем размещен вне сосудов/протоков на глубине 4–5 см, на 1,5–2 см ниже капсулы Глиссона

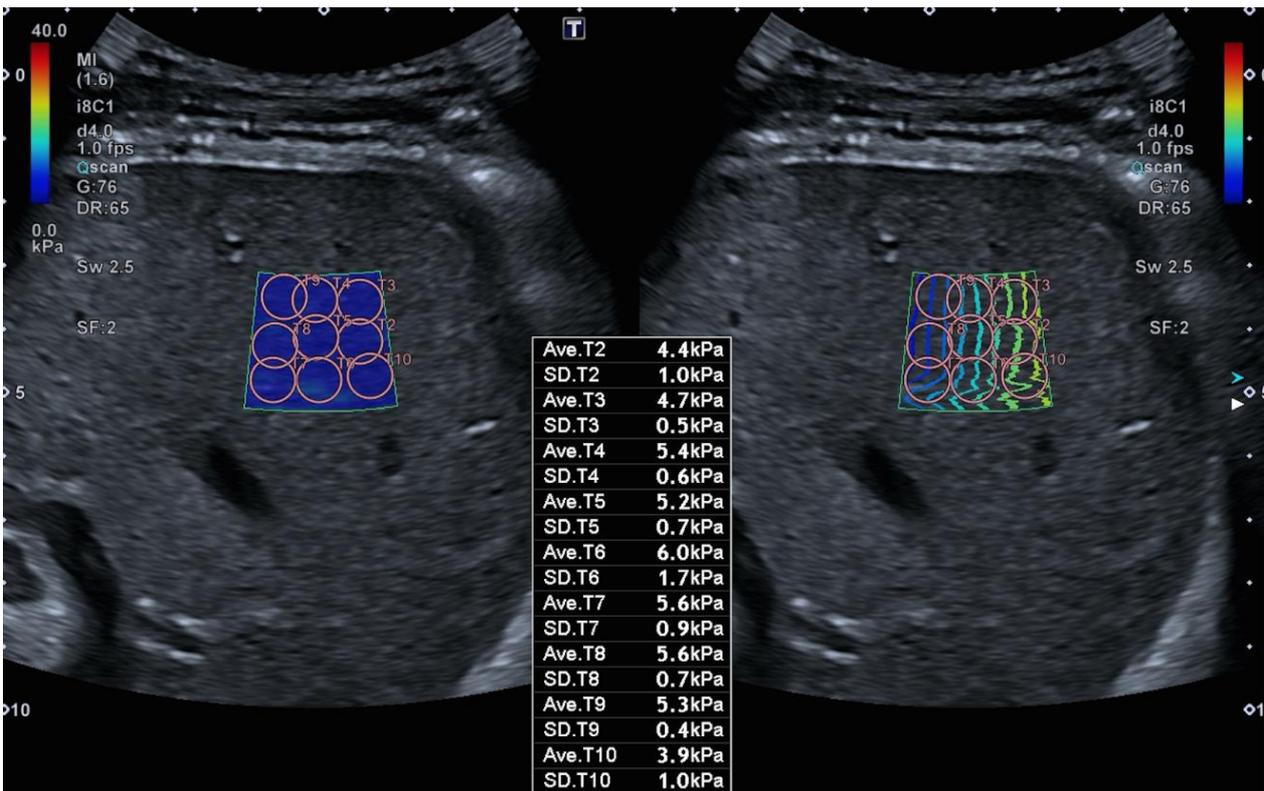


Рис. 5.1 Пример измерения упруго-эластических свойств печени при многомерной эластографии. Одно измерение контрольного объема включает 10 зон (окружностей измерения) по всей глубине фронта сдвиговых волн.

ГЛАВА III

ЭЛАСТОГРАФИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Эластография является дополнительным исследованием к стандартному УЗИ с оценкой по системе TI-RADS.

1. Клинические рекомендации

В таблице 2 представлены мировые рекомендации 2015 г. по клиническому применению ультразвуковой эластографии щитовидной железы.

Таблица 2

Клинические рекомендации по применению ультразвуковой эластографии щитовидной железы

1	Ультразвуковое исследование должно сопровождаться оценкой изменений по системе TI-RADS
2	Стандартизированные критерии протокола УЗИ должны быть последовательными и отражать локализацию, форму, размер, контуры, содержимое, эхогенность и васкуляризацию узла
3	Для оценки узлов щитовидной железы методом SE может быть использована визуальная стандартизированная система Ueno-Tsukuba
4	Для оценки узлов щитовидной железы в качестве альтернативного метода может быть использована системы цветowych паттернов (4 типа)
5	Для повышения уровня специфичности SE может быть использована в комбинации с традиционным УЗИ
6	Полуколичественная оценка SE с расчетом SR предпочтительнее, чем качественная оценка эластограммы
7	Целесообразно использование средних показателей эластометрии, а не диапазона измерений
8	Имеются ложноположительные результаты в дифференциальной диагностике папиллярных карцином
9	При отсутствии нормальной ткани ЩЖ, в качестве контрольной зоны можно использовать окружающие мышцы
10	Визуализируемая область SE должна быть максимально возможной для захвата узла и нормальной ткани
11	Проведение SE узлов в перешейке, рядом с сонной артерией, а также загрудинных узлов может быть затруднительно
12	Проведение SE крупных узлов может быть затруднительно из-за отсутствия референтной зоны

13	Получение адекватных показателей при компрессионной эластографии напрямую зависит от опыта оператора
14	Индикатор качества компрессии (особый технический режим оборудования) может быть использован при получении качественных эластограмм
15	Для получения коэффициента деформации (SR) при SE предпочтительны продольные срезы, при выраженной пульсации сонной артерии лучше использовать поперечные срезы
16	Эластография сдвиговой волны (pSWE и 2D SWE) имеет высокую чувствительность и специфичность диагностики узлов ЩЖ
17	Эластография сдвиговой волны (pSWE и 2D SWE) может быть использована при выборе пациентов с узлами ЩЖ, которым необходима операция
18	pSWE может быть использована в оценка жесткости узлов щитовидной железы для дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных образований
19	По сравнению с традиционным УЗИ, pSWE имеет повышенную специфичность в диагностике злокачественных узлов ЩЖ, особенно узлов Д менее 1 см
20	Получена высокая воспроизводимость pSWE и 2D-SWE
21	Интервал значений для дифференцировки доброкачественных и злокачественных узлов составляет от 2,4 до 4,7 м/с
22	Влияние размеров узла ЩЖ на SWE не значительно
23	Может быть затруднительно измерить SWE в гетерогенных узлах
24	Измерение SWE может быть затруднительным в непиллярных карциномах ЩЖ
25	SWE увеличивается при многих диффузных заболеваниях ЩЖ
26	Ограничения в использовании pSWE включают очень большие и маленькие узлы, кальцинаты и кистозные образования
27	Стандартное окно визуализации 5×6 мм должно быть расположено внутри узла, по возможности нужно избегать кальцинатов и кист
28	Для установления среднего значения для получения точности нужно провести от 5 до 10 измерений

Примечание: SE – компрессионная эластография, SWE – эластография сдвиговой волны, pSWE (ARFI) – точечная эластография сдвиговой волны, 2D-SWE – многомерная эластография сдвиговой волны, SR – полуколичественная оценка компрессионной эластографии Strain Ratio, Se-чувствительность, Sp-специфичность

2. Компрессионная эластография

Исследование проводится согласно методике, описанной ранее, линейным датчиком, с соблюдением клинических рекомендаций. Положение пациента горизонтальное, лежа на спине с запрокинутой го-

ловой, возможно небольшое отведение подбородка в сторону, использование валика под шею. Предплечье оператора должно располагаться в устойчивой позиции для проведения легкой компрессии-декомпрессии строго вертикально, без боковых смещений, с постоянной скоростью и частотой, с аппаратным контролем качества эластограмм.

Компрессионная эластография позволяет провести качественную и полуколичественную оценку узлов щитовидной железы.

- *Качественная оценка* типов эластограмм Ueno (университета Tsukuba, Япония, 2006 г.) представлена на рисунке 5.

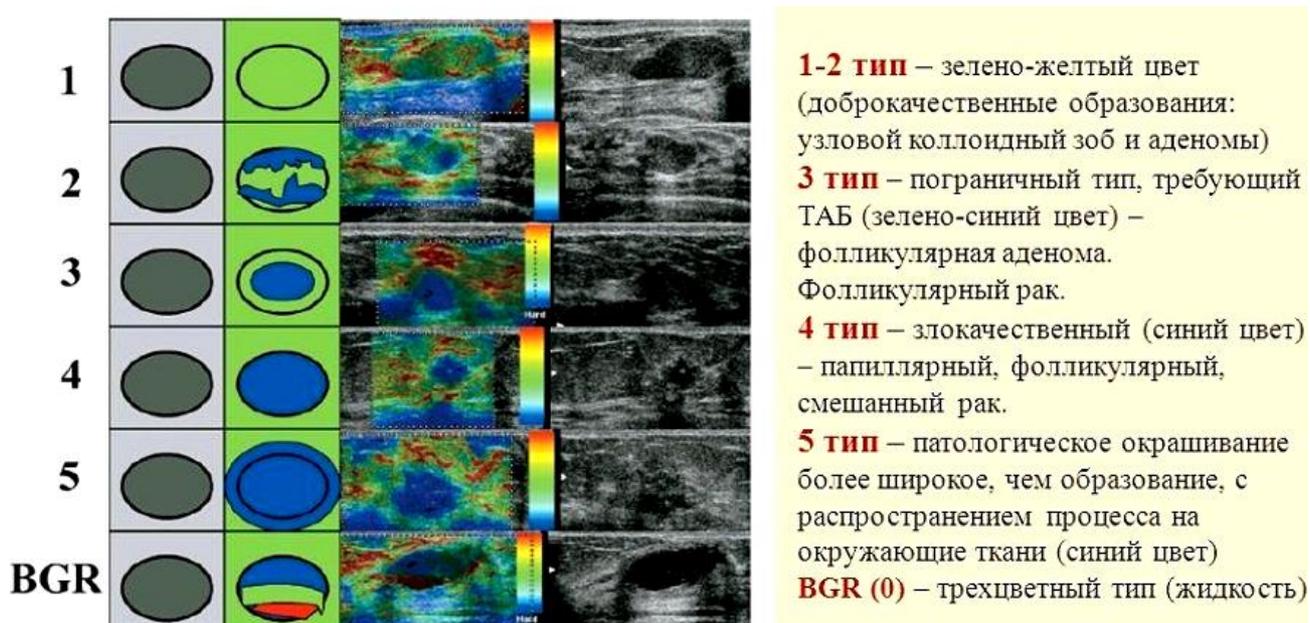


Рис. 5. Шкала компрессионной эластографии Ueno-Tsukuba (2006)

- *Полуколичественная оценка* проводится с вычислением Strain Ratio (SR), пороговые значения представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели компрессионной эластографии при дифференциальной диагностике узловых образований щитовидной железы

Узлы щитовидной железы	Эластотип по шкале Ueno-Tsukuba	Strain Ratio (SR) для образований 1,5–2 см
Доброкачественные узлы	1–3	$\leq 2,5$
Злокачественные узлы	4–5	$\geq 2,5$

3. Эластография сдвиговой волны

Исследование проводится при положении пациента лежа на спине с запрокинутой головой, возможно небольшое отведение подбородка в сторону, использование валика под шею. Исследование проводится согласно методике, описанной ранее линейным датчиком с соблюдением клинических рекомендаций. Предплечье оператора должно располагаться в устойчивой позиции без компрессии, с аппаратным контролем качества эластограмм. Пороговые значения дифференциальной диагностики узловых образований характеризуются высокой вариабельностью, в таблице 4 представлены данные клинических рекомендаций 2017 (WFUMB).

Таблица 4

Пороговые значения эластографии сдвиговой волны дифференциальной диагностики узловых образований щитовидной железы

Узлы щитовидной железы	Эластотип для 2D/3D-SWE	SWE и 2D/3D-SWE
Доброкачественные узлы	1–3	до 2,4 м/с–4,7 м/с до 35 кПа
Злокачественные узлы	1–3 и 4–5	более 2,4–4,7 м/с более 35–60 кПа
Непапиллярный рак, Фолликулярные неоплазии	1–3	до 2,4 м/с–4,7 м/с до 35 кПа
Папиллярный рак	4–5	более 2,4–4,7 м/с более 35–60 кПа
Медуллярный рак	Данные не накоплены	–

Отрицательные данные (отсутствие зон высокой жесткости) по данным эластографии не являются основанием отмены биопсии узла щитовидной железы, а также не рекомендуется снижать категорию TI-RADS щитовидной железы

Примечание: 2D/3D-SWE – многомерная эластография сдвиговой волны, pSWE – точечная эластография сдвиговой волны

ГЛАВА IV

ЭЛАСТОГРАФИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Эластография является дополнительным исследованием к стандартному УЗИ с оценкой по системе BI-RADS.

1. Клинические рекомендации

В таблице 5 представлены мировые рекомендации 2015 г. по клиническому применению ультразвуковой эластометрии молочной железы.

Таблица 5

Клинические рекомендации по применению ультразвуковой эластометрии молочной железы

1	Применение SE позволяет повысить или понизить категорию по классификации BI-RADS
2	SE может использоваться не только для дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей, но может быть эффективной для оценки противоопухолевой терапии и для диагностики вторичных осложнений на фоне ЗНО
3	Для характеристики опухолей молочных желез как доброкачественных или злокачественных были предложены шкала Tsukuba (шкала жесткости SE), коэффициент соотношения высота/ширина очага, коэффициент деформации (SR)
4	Чувствительность, специфичность и точность шкалы Tsukuba для дифференциальной диагностики между доброкачественными и злокачественными образованиями 86,5%, 89,9% и 88,3%
5	Точность SE отличается в зависимости от глубины расположения образования, поэтому необходим контроль точности измерения
6	Размер доброкачественных опухолей в режиме эластографии меньше, чем соответствующее изображение в В-режиме, а размер злокачественных опухолей больше
7	Коэффициент соотношения высота/ширина очага $<1,0$ характерен для доброкачественных образований, $\geq 1,0$ характерен для злокачественных образований. Чувствительность 99% и специфичность 87%
8	При использовании коэффициента деформации (SR) при SE чувствительность составляет 88%, специфичность 83%
9	Коэффициент деформации (SR) при SE больше при злокачественных образованиях ($3,04 \pm 0,9$), чем при доброкачественных ($1,91 \pm 0,75$)

10	SE эффективна для оценки внутрипротокового компонента, для определения распространения опухоли при планируемой органосохраняющей операции
11	Для проведения SE необходимо выбрать область интереса (ROI), которая включает в себя различные типы тканей (жир, фиброгандулярную ткань, грудную мышцу), кроме ребер и легких
12	При проведении 2D-SWE было определено пороговое значение между категориями BI-RADS 3 и BI-RADS4 а – 80 кПа (5,2 м/с)
13	Когда SWE применяют для уточнения категории по классификации BI-RADS, повышается точность диагностики в В-режиме
14	SWE должна сочетаться с функцией В-режима, эти режимы не должны использоваться по отдельности
15	Все образования категории BI-RADS 3 с высокой жесткостью (E_{\max} более 160 кПа, более 7,3 м/с или картируемые красным цветом) могут быть повышены в категории BI-RADS для проведения биопсии
16	Образования категории BI-RADS 4a с низкой жесткостью могут быть понижены в категории для последующего наблюдения
17	Средние значения жесткости выше в злокачественных образованиях ($153 \text{ кПа} \pm 58$), чем в доброкачественных образованиях ($46 \text{ кПа} \pm 43$). Оптимальное пороговое значение при этом 80 кПа (5,2 м/с) при чувствительности 88,8% и специфичности 84,9%
18	Добавление SWE к традиционному УЗИ может быть использовано для уменьшения количества биопсий при доброкачественных опухолях
19	При использовании SWE чувствительность и специфичность достигает 97% и 83%, а при использовании только В-режима Se и Sp достигает 87% и 78%
20	При использовании pSWE с ARFI с пороговым значением 3,6 м/с (38 кПа) была достигнута чувствительность 91% и специфичность 80,6%
21	При использовании pSWE, где одно измерение получается из небольшой зоны измерения (ROI), невозможно определить область с наибольшей жесткостью в В-режиме
22	Сдвиговые волны не распространяются в жидкостях с низкой вязкостью, поэтому простые кисты не будут иметь цветовую кодировку

Особенности для пп.12-16

Агрессивное правило: образование считается низкой жесткости, если E_{\max} ниже 80 кПа (5,2 м/с) или если оно картируется голубым цветом.

Консервативное правило: образование считается низкой жесткости, если E_{\max} ниже 30 кПа (3,2 м/с) или если оно картируется темно-синим цветом*

*Агрессивное правило способствует улучшению специфичности, однако часть злокачественных образований попадают в категорию ниже необходимой и находятся под наблюдением. По консервативному правилу, все злокачественные образования остаются в первоначальной группе, которая подвергается биопсии (Schaefer, 2013)

Примечание: SWE – эластография сдвиговой волны, pSWE (ARFI) – точечная эластография сдвиговой волны, 2D-SWE– многомерная эластография сдвиговой волны, SR – полуколичественная оценка компрессионной эластографии Strain Ratio, Se-чувствительность, Sp-специфичность

2. Компрессионная эластография

Исследование проводится при положении пациента лежа на спине или на боку линейным датчиком, с соблюдением клинических рекомендаций и методики исследования (описаны ранее). Предплечье оператора должно располагаться в устойчивой позиции для проведения легкой компрессии-декомпрессии строго вертикально, без боковых смещений, с постоянной скоростью и частотой, с аппаратным контролем качества эластограмм.

Компрессионная эластография позволяет провести качественную и полуколичественную оценку образований молочной железы.

Качественную оценку проводят по шкале Ueno-Tsukuba (рис. 6).

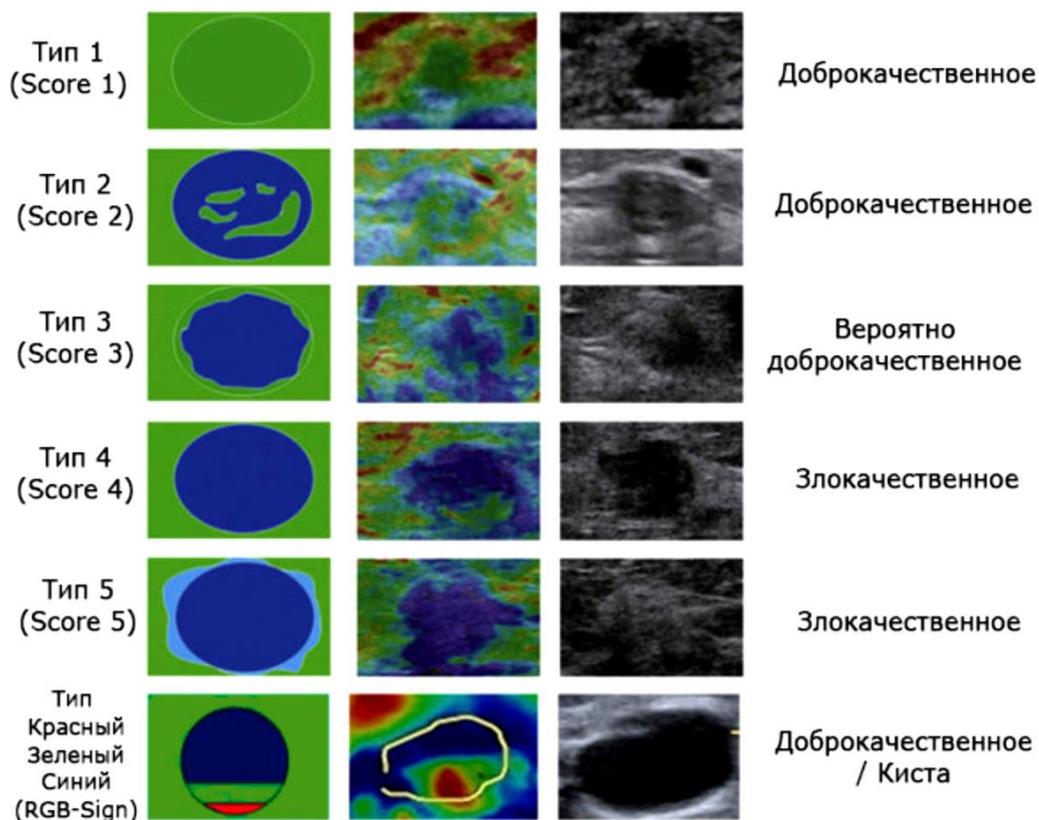


Рис. 6. Шкала компрессионной эластографии Ueno-Tsukuba (2006)

Полуколичественную оценку проводят путем вычисления Strain Ratio (SR). Пороговые значения представлены в таблице 6.

Таблица 6

Показатели компрессионной эластографии при дифференциальной диагностике образований молочной железы

Образования молочной железы	Эластотип по шкале Ueno-Tsukuba	Strain Ratio (SR) для образований 1,5–2 см
Киста	«трехцветный» или «мягкий»	–
Доброкачественное	1–3	≤4,5
Злокачественное	4–5	≥4,5 ≥6,5–95% (Sp)
«Голубые» раки	злокачественные образования с «мягким» окрашиванием	

3. Эластография сдвиговой волны

Исследование проводится при положении пациента лежа на спине или на боку линейным датчиком, с соблюдением клинических рекомендаций и методики исследования (описаны ранее). Предплечье оператора должно располагаться в устойчивой позиции без компрессии, с аппаратным контролем качества эластограмм. Пороговые значения дифференциальной диагностики образований характеризуются высокой вариабельностью, в таблице 7, 8 представлены данные клинических рекомендаций 2015 (WFUMB), клинических исследований.

Таблица 7

Пороговые значения эластографии сдвиговой волны дифференциальной диагностики образований молочной железы

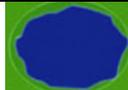
Новообразования	Эластотип для 2D/3D-SWE	pSWE и 2D/3D-SWE
Доброкачественные	1–3	<2,6–4,2 м/с <30–41 кПа
Злокачественные	4–5	<4,2–5 м/с <41,6–154 кПа (Se=95% Sp=70%) Выше 4,6 м/с Выше 70,2 кПа (Se=94%, Sp=89%) Выше 5,2 м/с Выше 80 кПа (Se=89% Sp=85%)

Отрицательные данные (отсутствие зон высокой жесткости) по данным эластографии – не являются основанием отмены биопсии образования молочной железы, а также не рекомендуется снижать категорию BI-RADS молочной железы

Примечание: 2D/3D-SWE – многомерная эластография сдвиговой волны, pSWE – точечная эластография сдвиговой волны, Se-чувствительность, Sp-специфичность

Таблица 8

Сопоставление данных эластографии категориям шкалы BI-RADS в соответствии клиническим рекомендациям WFUMB

BI-RADS						
Ueno-Tsukuba	0 (киста)	1	2	3	4	5
						
Strain Ratio	–	<2,8		2,8–4,5		>4,5
SWE		<2,6 м/с <20 кПа		2,6–4,5 м/с 20–60 кПа	4,5–5,2 м/с 60–80 кПа	>5,2 м/с >80 кПа

Примечание: SWE – эластография сдвиговой волны, Strain Ratio (SR) – полуколичественный показатель компрессионной эластографии

ГЛАВА V

ЭЛАСТОГРАФИЯ ПЕЧЕНИ

Эластография (эластометрия) печени является самостоятельным исследованием в клинической практике (рис. 13–18).

Входит в клинические рекомендации:

- EFSUMB (Европейские) 2013, 2017;
- WFUMB (Всемирные) 2015, 2018;
- SRU (Ассоциации радиологов в ультразвуковой диагностике) 2020;
- Baveno (по портальной гипертензии) 2022;
- EASL (Европейская ассоциация по изучению печени) 2022;
- МЗ РФ по хроническому вирусному гепатиту В, С, алкогольной болезни печени (АБП), неалкогольной жировой болезни печени (НАЖБП), кистозному фиброзу (муковисцидозу).

1. Клинические рекомендации

В таблице 9 представлены европейские рекомендации 2017 г. по клиническому применению ультразвуковой эластографии при исследовании печени.

Таблица 9

*Европейские клинические рекомендации по применению
ультразвуковой эластографии при исследовании печени*

1	Врач-оператор должен пройти обучение по проведению эластографии/эластометрии
2	Сбор данных должен проводить специально обученный персонал. Для проведения рSWE и 2D-SWE обязательно наличие опыта работы специалиста в В-режиме
3	Измерение жесткости печени методом SWE выполняется через правое межреберье, в положении пациента лежа на спине/левом боку, с отведенной за голову правой рукой, при задержке дыхания без глубокого вдоха
4	Измерение жесткости печени методом SWE должно выполняться опытным оператором (не менее 50–150 эластометрий)
5	Эластометрия рSWE и 2D-SWE должна выполняться на расстоянии не ближе 10 мм от капсулы печени
6	Эластометрия печени методом SWE должна выполняться не раньше чем через 2 ч после приема пищи

7	Перед проведение SWE следует исключить воспаление печени (\uparrow АСТ/АЛТ >5 раз верхней границы нормы), обструктивный холестаз, желтуху, острый гепатит, инфильтративные заболевания печени с целью уменьшения переоценки фиброза печени. Либо данные должны учитываться при интерпретации данных SWE
8	Значение SWE в пределах нормы исключает цирроз печени, если эти данные согласуются с клинико-лабораторными показателями
9	При ТЭ должно быть проведено 10 измерений. Показатель интерквартильной широты IQR/M $<30\%$ является самым важным критерием надежности полученных результатов
10	Значения полученные при использовании датчика XL, обычно ниже, чем при использовании датчика M
11	Адекватное изображение печени в В-режиме является необходимым требованием для эластометрии в режиме pSWE и 2D-SWE
12	Для pSWE необходимо провести не менее 10 измерений с получением среднего значения
13	Для 2D-SWE должно быть получено минимум 3 измерения, результат выражен в виде медианы вместе с интерквартильным диапазоном
14	Методы объективной оценки деформации (компрессионная эластография) разрабатываются, но в настоящее время не могут быть рекомендованы для использования в клинической практике
15	Результаты с наименьшей вариабельностью при сравнении разных систем pSWE и 2D-SWE получены на глубине 4–5 см от конвексного датчика
16	TE может быть использована в качестве первой линии оценки тяжести фиброза печени у пациентов с хроническим вирусным гепатитом С, а также для исключения фиброза
17	pSWE может быть использована в качестве первой линии для оценки выраженности фиброза печени у пациентов с хроническим вирусным гепатитом С. Метод позволяет выявить/исключить цирроз
18	2D-SWE может быть использована в качестве первой линии для оценки выраженности фиброза печени у пациентов с хроническим вирусным гепатитом С. Метод позволяет выявить/исключить цирроз
19	SWE не рекомендуется для контроля выраженности фиброза во время лечения вирусного гепатита С
20	Изменения динамики жесткости печени после успешного лечения вирусного гепатита С не должны влиять на стратегию ведения пациента (например, динамическое наблюдение за развитием гепатоцеллюлярной карциномы)
21	ТЭ эффективна для выявления цирроза печени у пациентов с хроническим гепатитом В. Также необходимо учитывать уровень сывороточных трансаминаз (превышение более чем в 5 раз верхней границы нормы)

22	ТЭ эффективна для исключения фиброза у неактивных носителей вирусного гепатита В
23	pSWE эффективна в выявлении цирроза печени у пациентов с хроническим гепатитом В
24	2D-pSWE эффективна в выявлении цирроза печени у пациентов с хроническим гепатитом В
25	Изменения динамики жесткости печени при лечении вирусного гепатита В не должны влиять на стратегию ведения пациента (например, динамическое наблюдение за возникновением гепатоцеллюлярной карциномы у пациентов с высоким риском)
26	ТЭ применяется для выявления цирроза печени у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени
27	ТЭ применяется для исключения цирроза печени у пациентов с алкогольной болезнью печени при отсутствии острого алкогольного гепатита
28	LSM с помощью ТЭ эффективно для выявления пациентов с высокой вероятностью наличия клинически значимой портальной гипертензией (ГДПВ ≥ 10 мм рт. ст.)
29	ТЭ в сочетании с подсчетом количества тромбоцитов диагностически значима для исключения варикозно-расширенных вен пищевода, требующих лечения, у пациентов с синдромом портальной гипертензии. Несмотря на то, что предварительные результаты дают надежду, однако нет достаточных данных, чтобы рекомендовать pSWE и 2D-SWE в этой ситуации
30	Синдром портальной гипертензии: имеющиеся предварительные результаты pSWE и 2D-SWE по данной проблеме еще требуют большей доказательной базы

Примечание: SWE – эластография сдвиговой волны, pSWE – точечная эластография сдвиговой волны, 2D-SWE – многомерная эластография сдвиговой волны, ТЭ – транзистентная эластография (Fibroscan), IQR/M – интерквартильный диапазон

2. Эластография сдвиговой волны

Значения жесткости печени в пределах нормы при эластографии сдвиговой волны исключают фиброз печени с учетом клинико-лабораторных данных.

Хронические диффузные заболевания печени сопровождаются развитием фиброза, с последующим риском перехода в цирроз и гепатоцеллюлярный рак печени (рис. 13–18).

Для установления стадии фиброза используют шкалы, рассмотрим шкалу Metavir (табл. 10) и правило четырех.

Таблица 10

Показатели эластографии печени сдвиговой волны для шкалы Metavir

Стадия фиброза Metavir	Пороговое значение, кПа				
	Fibroscan	Canon (Toshiba)	Philips: Affiniti 70, Epiq 5, Epiq 7	Mindray Resona 7	Logiq S8
0	2,5–7,1	<7,1		<7,2	-
1					6,48–6,6
2	7,2–9,4	7,1–9,5	>6,43	7,2–9,4	6,6–8,07
3	9,5–12,4	9,5–10,5	>9,54	9,4–11,1	8,07–9,31
4	> 12,5	> 10,5	≥11,34	>11,1	> 9,31

Таблица 11

«Правило четырех», вирусные гепатиты и НАЖБП

Жесткость печени, кПа	Рекомендации
≤5	Норма
<9	при отсутствии других клинических признаков исключается сACLD*
9–13	Предварительно наличие сACLD*
>13	Наличие сACLD*
>17	Клинически значимая портальная гипертензия

Примечание: сACLD – компенсированное прогрессирующее хроническое заболевание печени (F3-F4)

3. Факторы, влияющие на результаты исследования.

Ошибки

Факторы, повышающие жесткость печени

- Воспалительные изменения печени (острый гепатит), с \uparrow АСТ/АЛТ >5 раз.
- Обструктивный холестаз.
- Застойные явления в печени при недостаточности правых отделов сердца, нарушения оттока по печеночным венам, повышение центрального венозного давления.
- Инфильтративные заболевания печени (амилоидоз, лимфома, экстрамедуллярный гемопоэз).
- Прием пищи менее 4 ч до исследования.
- Интенсивная физическая нагрузка.
- Злоупотребление алкоголем.

Примеры ошибок (рис. 7–12)

- Низкое качество изображения в В-режиме

ПЛОХО

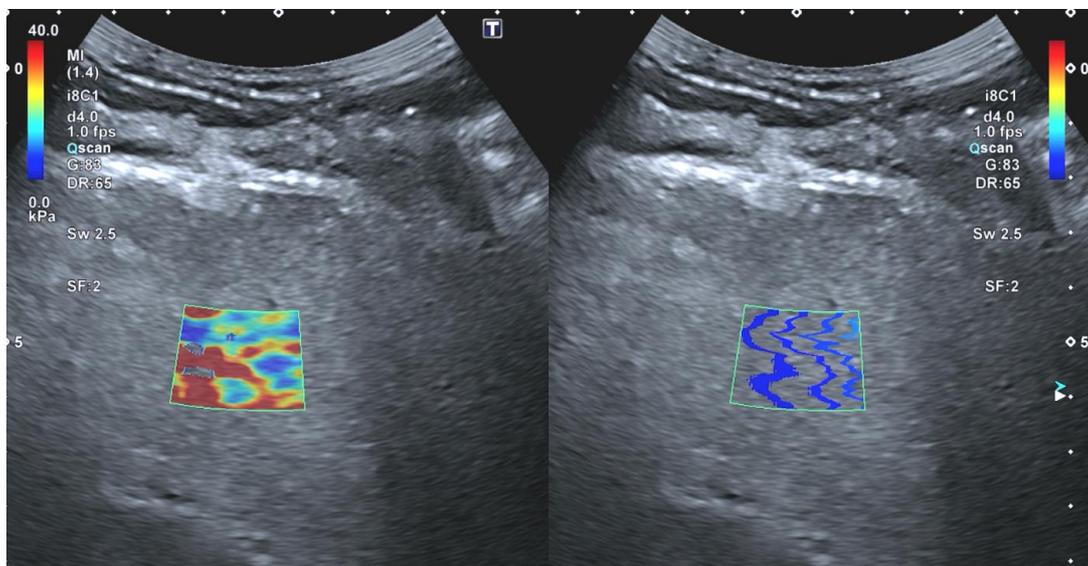


Рис. 7. Контур капсулы печени размыт, нечеткий

ХОРОШО

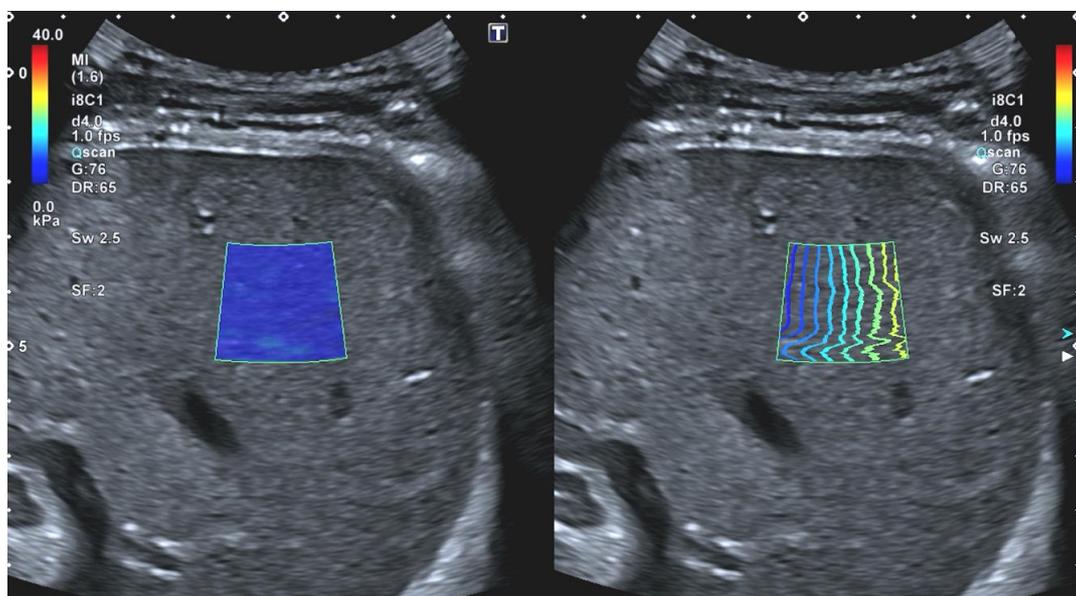


Рис. 8. Капсула печени представлена четкой гиперэхогенной линией перпендикулярно направлению УЗ-луча

- Некорректное расположение зоны интереса

ПЛОХО

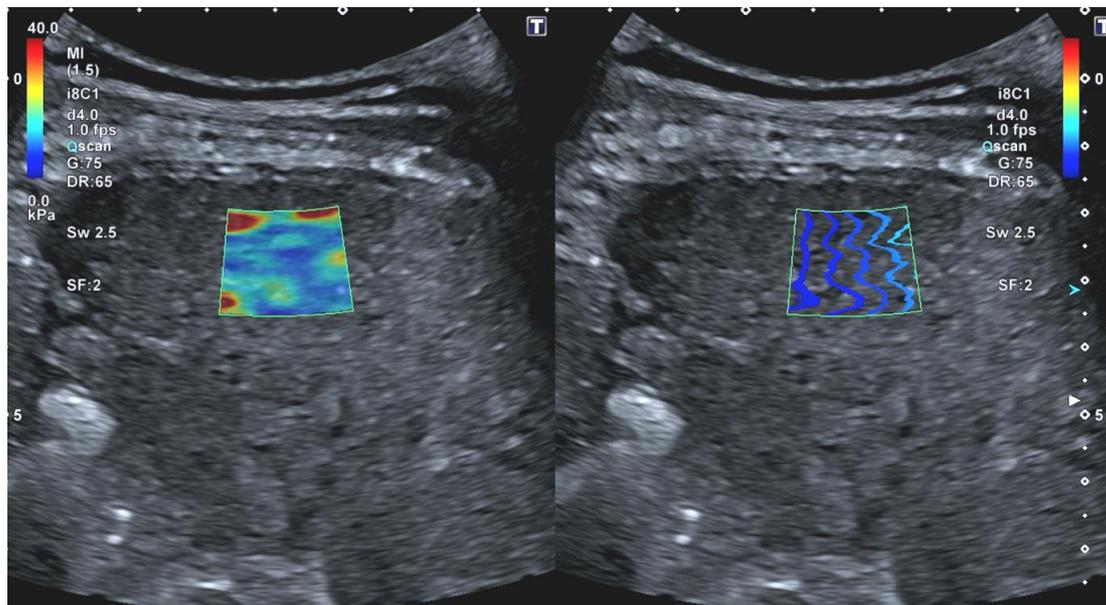


Рис. 9. Район интереса расположен слишком близко к капсуле Глиссона, под капсулой зона высокой жесткости

ХОРОШО

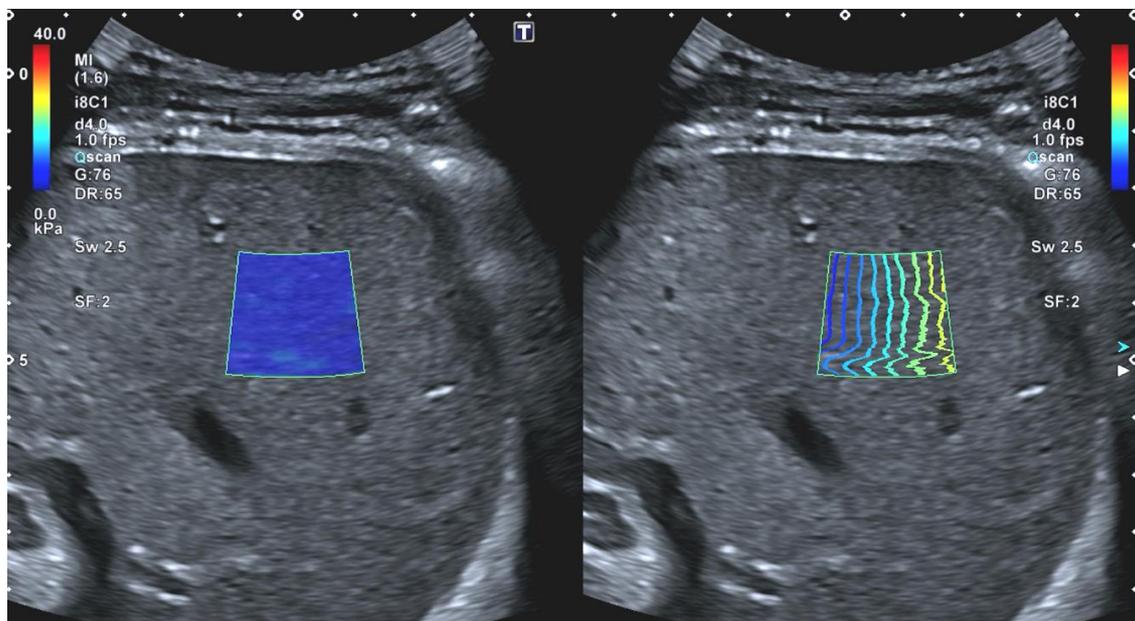


Рис. 10. Район интереса: на 1,5–2 см ниже капсулы Глиссона. Рекомендуется глубина исследования 4–5 см

- Наличие трабекулярных структур в зоне интереса

ПЛОХО

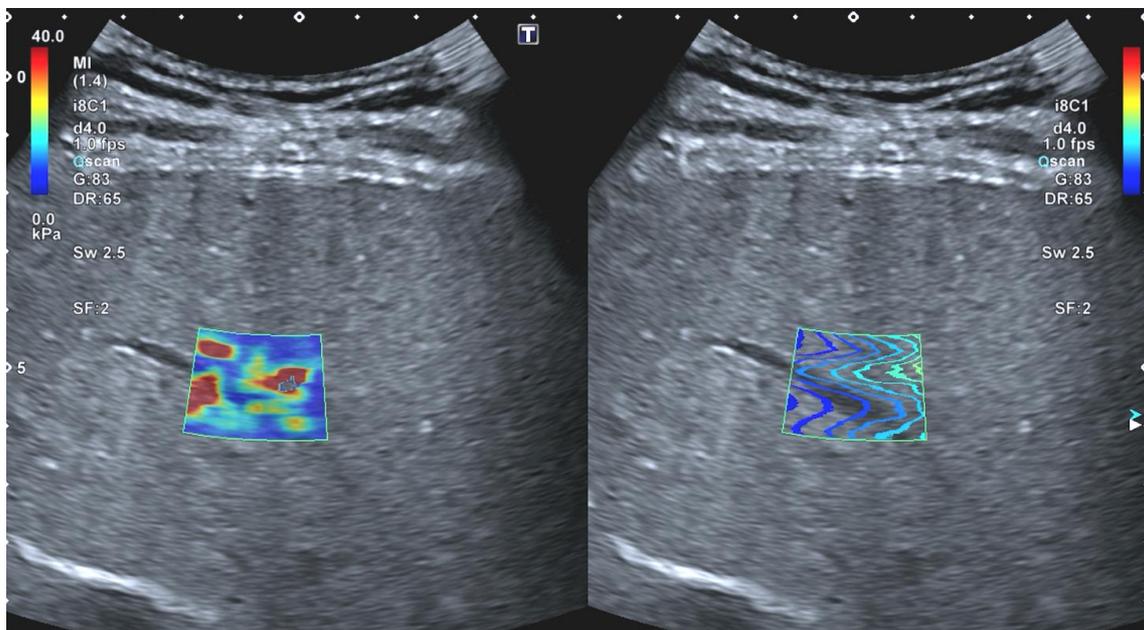


Рис. 11. Ошибочное расположение зоны измерения на сосуде печени

ХОРОШО

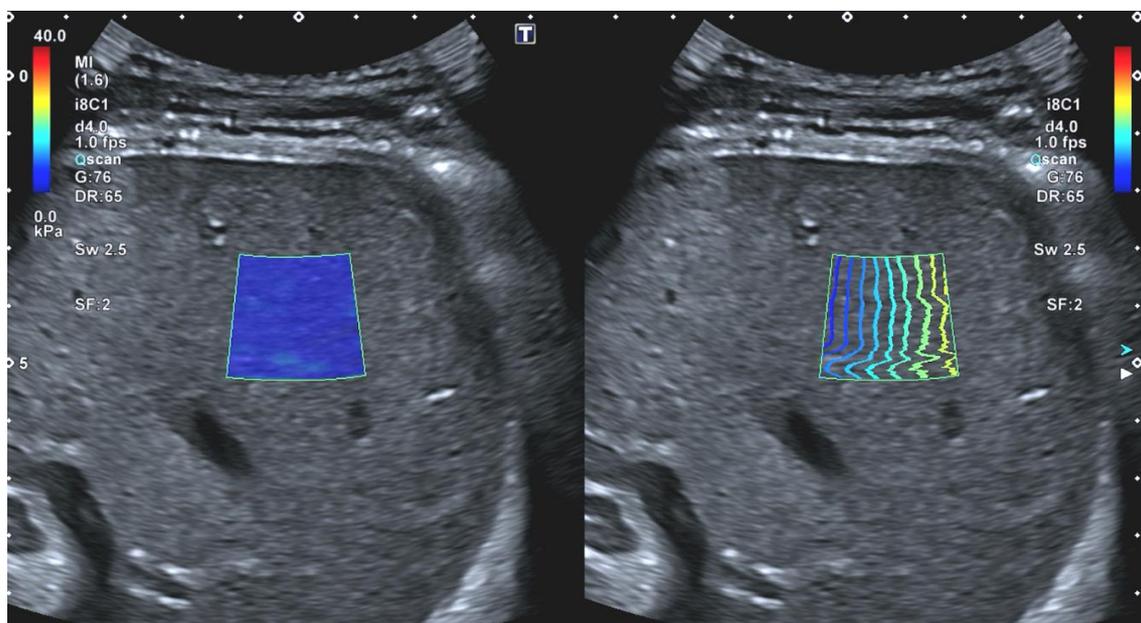


Рис. 12. Контрольный объем размещен в участке печени, свободном от крупных сосудов и желчных протоков

4. Пример протокола исследования печени ультразвуковой эластографии сдвиговой волны

Вариабельность измерений на основании фактора качества IOR/Med (%).

IOR/Med – соотношение интерквартильный размах/медиана, должно быть $\leq 30\%$.

Сопутствующие факторы, снижающие достоверность исследования (дыхание, подвижность, асцит): да/нет.

Жесткость оценена в VII/VIII сегментах печени.

Медиана Модуля Юнга _____ кПа соответствует _____ стадии фиброза по шкале METAVIR.

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

1. Аутоиммунный гепатит. Жесткость ткани печени 14–17,7 кПа, соответствует степени фиброзу F4 по шкале METAVIR.

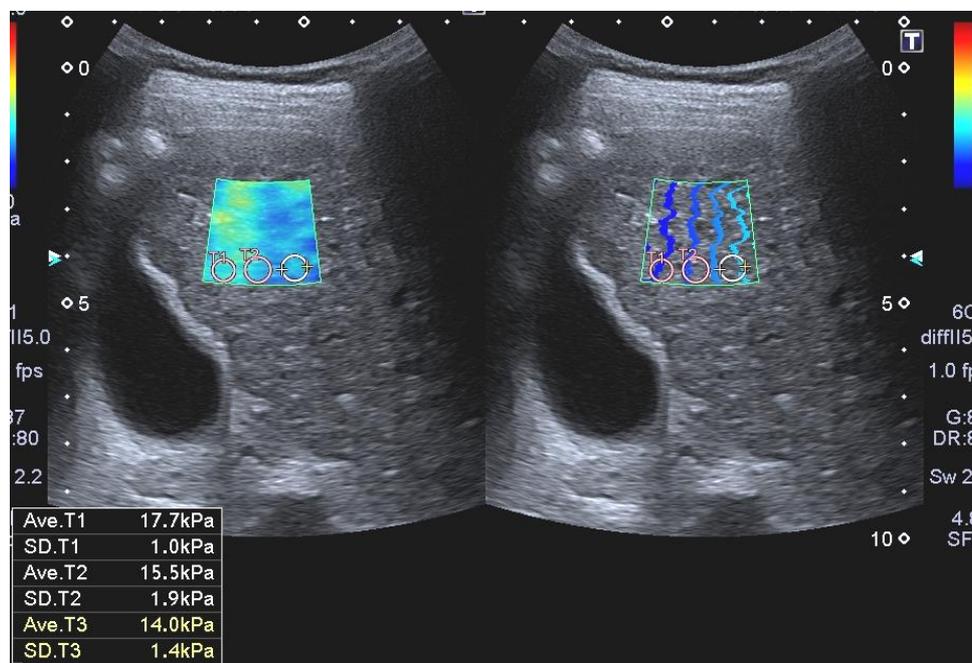


Рис. 13. Аутоиммунный гепатит, F4

2. Гепатит В. Жесткость ткани печени 10–15,3 кПа, соответствует F4 степени по шкале METAVIR.

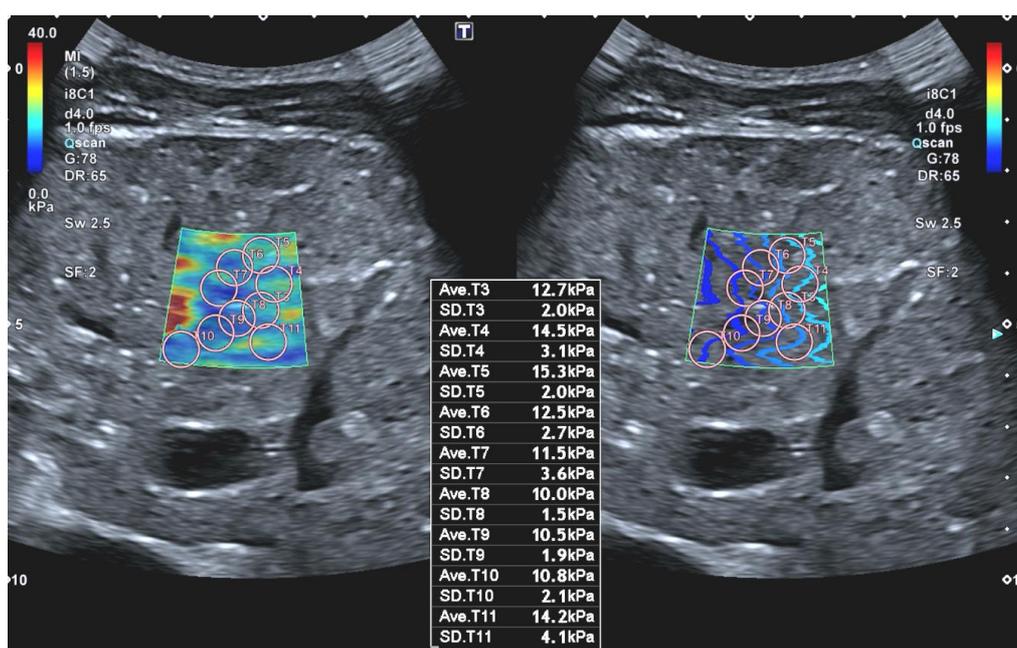


Рис. 14. Гепатит В, F4

3. Гепатит С. Жесткость ткани печени средняя, диапазон 7,0–9,5 кПа, соответствует F2 степени по шкале METAVIR.

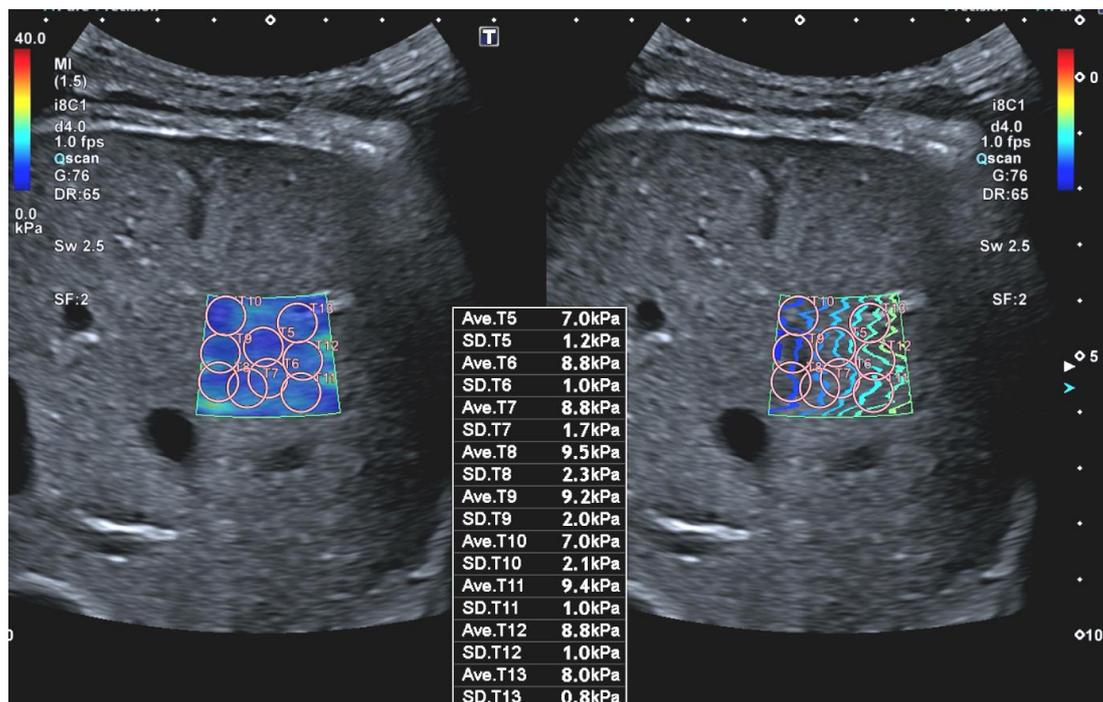


Рис. 15. Гепатит С, F2

4. Гепатит С. Жесткость ткани печени высокая, диапазон 11,9–15 кПа, соответствует степени фиброза F4 по шкале METAVIR.

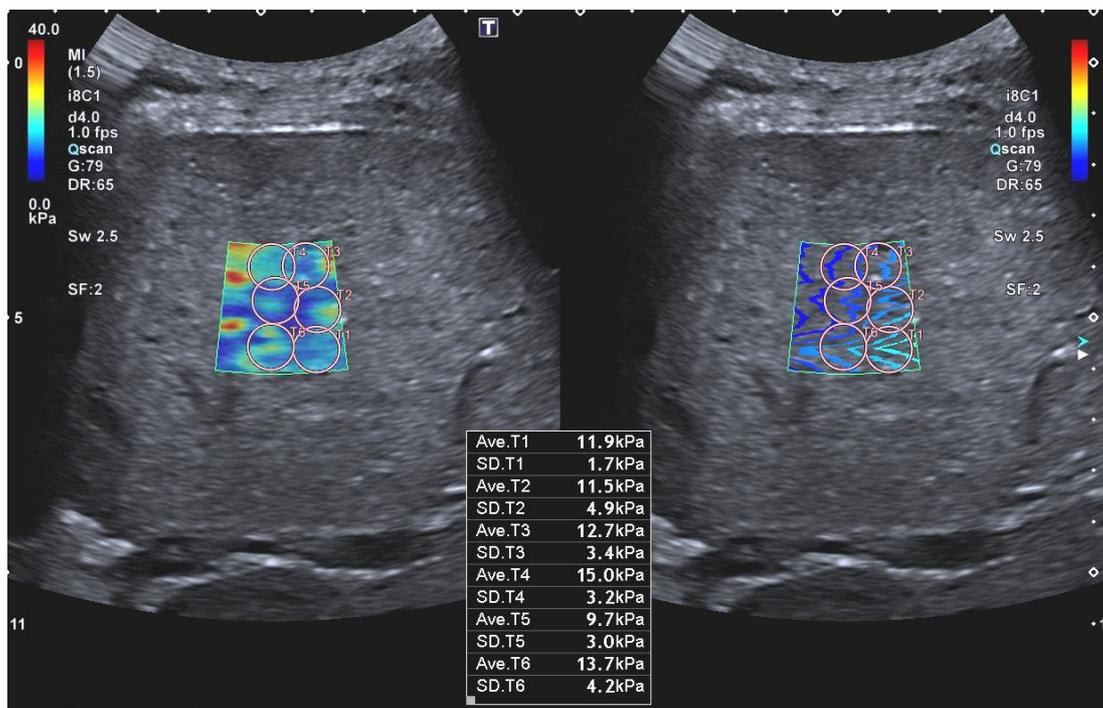


Рис. 16. Гепатит С, F4

5. НАЖБП. Жесткость ткани средняя, медиана 5,6 кПа, соответствует степени фиброза F1 по шкале METAVIR.

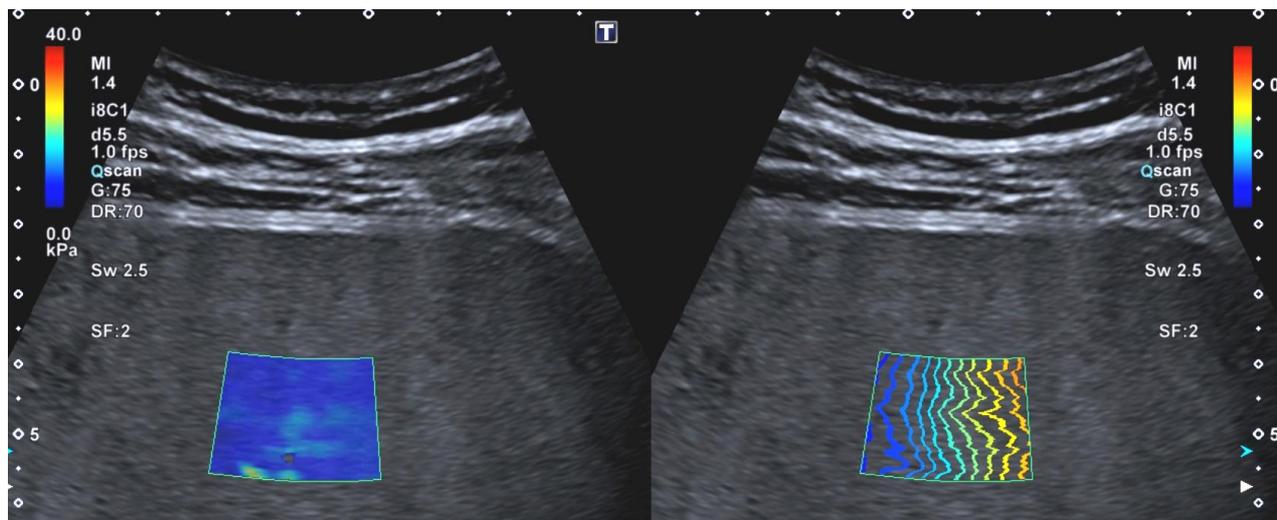


Рис. 17. НАЖБП, F1

6. НАЖБП. Жесткость ткани средняя, медиана 7,6 кПа, соответствует степени фиброза F2 по шкале METAVIR.

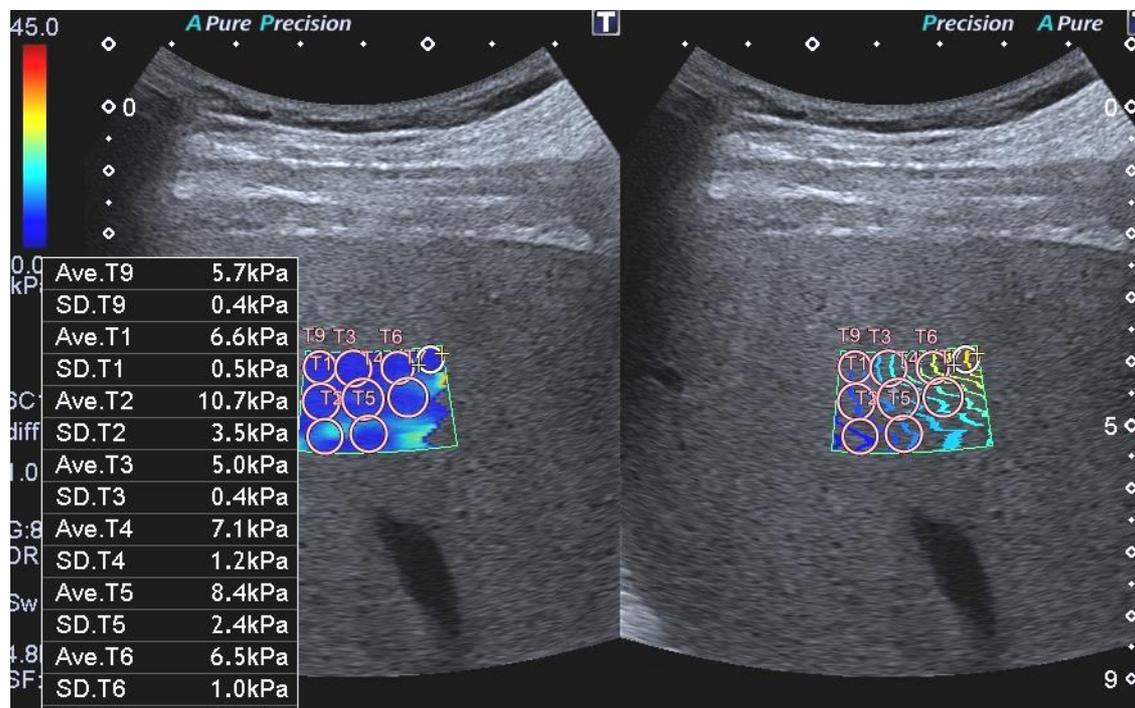


Рис. 18. НАЖБП, F2

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один правильный ответ.

1. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ ПОЗВОЛЯЕТ ОЦЕНИТЬ
 - 1) эхогенность ткани
 - 2) размер
 - 3) жесткость ткани
 - 4) процент стеатоза

2. ЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТКАНИ
 - 1) не меняются
 - 2) меняются при старении, воспалении, раке
 - 3) меняются при жировой инфильтрации
 - 4) зависят от размера патологического очага

3. КОМПРЕССИОННАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ ПОЗВОЛЯЕТ ПОЛУЧИТЬ
 - 1) визуальную оценку жесткости ткани
 - 2) количественную оценку жесткости ткани
 - 3) визуальную оценку эхогенности ткани
 - 4) количественную оценку эхогенности ткани

4. МНОГОМЕРНАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНЫ ПОЗВОЛЯЕТ ПОЛУЧИТЬ
 - 1) визуальную оценку жесткости ткани
 - 2) визуальную оценку эхогенности ткани
 - 3) количественную оценку жесткости ткани
 - 4) количественную оценку эхогенности ткани

5. АРТЕФАКТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛАСТОГРАФИИ ВОЗНИКАЮТ ПРИ
 - 1) слишком сильном нажиме на датчик
 - 2) при наличии крупных жидкостных образованиях
 - 3) при исследовании жировой ткани
 - 4) при исследовании мышечной ткани

6. КОРРЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СОГЛАСНО ЕВРОПЕЙСКИМ КЛИНИЧЕСКИМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ (2017) –
 - 1) эластометрия pSWE и 2D-SWE может выполняться на любом расстоянии от капсулы печени
 - 2) эластометрия pSWE и 2D-SWE должна выполняться на расстоянии 10 см от капсулы печени
 - 3) эластометрия pSWE и 2D-SWE должна выполняться на расстоянии не ближе 10 мм от капсулы печени
 - 4) эластометрия pSWE и 2D-SWE должна выполняться с захватом капсулы печени

7. КОРРЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СОГЛАСНО ЕВРОПЕЙСКИМ КЛИНИЧЕСКИМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ (2017) –
 - 1) эластометрия печени проводится независимо от приема пищи
 - 2) эластометрия печени проводится не раньше, чем через 12 ч после приема пищи
 - 3) эластометрия печени проводится не раньше, чем через 2 ч после приема пищи
 - 4) эластометрия печени проводится только после приема пищи

8. КОРРЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СОГЛАСНО ЕВРОПЕЙСКИМ КЛИНИЧЕСКИМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ (2017) –
 - 1) повышение АСТ/АЛТ более 5 раз относительно верхней границы нормы, приводят к переоценке степени фиброза печени, полученными при эластографии печени сдвиговой волны
 - 2) высокие значения показателей АСТ/АЛТ не оказывают влияние на результаты ультразвуковой эластографии печени сдвиговой волны
 - 3) повышение показателя СОЭ в 10 раз приводят к переоценке степени фиброза печени, полученными при эластографии печени сдвиговой волны
 - 4) данные лабораторных показателей биохимического анализа крови не имеют значения при проведении эластографии печени сдвиговой волны

9. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕЧЕНИ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНЫ –

- 1) ожирение большой степени, асцит, пятикратное повышение уровня трансаминаз
- 2) повышение уровня СОЭ, лейкоцитоз
- 3) наличие конкрементов в желчном пузыре
- 4) увеличение размеров печени

10. ЗНАЧЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ПРИ ЦИРРОЗЕ ПЕЧЕНИ

- 1) повышены
- 2) понижены
- 3) не меняются при патологическом процессе
- 4) более высокие в левой доле печени

ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

№ вопроса	Ответ	№ вопроса	Ответ
1	3	6	3
2	2	7	3
3	1	8	1
4	3	9	1
5	1	10	1

Оценка качества освоения программы:

Форма проведения итоговой аттестации – тестирование.

- «зачтено» – при 70–100% правильных ответов;
- «не зачтено» – менее 70% правильных ответов.

Слушатель считается аттестованным если имеет оценку «зачтено».

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Борсуков, А.В. Адаптация мировых и европейских рекомендаций по эластографии печени для отечественной лучевой диагностики / А.В. Борсуков // Медицинская визуализация. – 2017. – № 21 (6). – С. 63–71. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-6-63-71.
2. Всемирные Рекомендации по эластографии 2015. WFUMB GUIDELINES AND RECOMMENDATION FOR CLINICAL USE OF ULTRASOUND ELASTOGRAPHY: PART3: LIVER. GIOVANNA FERRAIOLI, MD, PHD, BYUNG IHN CHOI, MD, IOAN SPOREA, MD, et. al, Ultrasound in Med. And Biol., Vol. 41, No.5: pp. 1161 – 1179, 2015.<http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.007>
3. Европейские Рекомендации по эластографии 2013. EFSUMB Guidelines and Recommendation on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part1: Basic Principles and Technology. J. Bamler, D.Cosgrove et. al. Ultrashall in Med 2013; No. 34: pp. 169–184. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1335205>. EFSUMB Guidelines and Recommendation on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part2: Clinical Application. D. Cosgrove, F. Piscaglia et. Ultrashall in Med 2013; <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1335375>.
4. Официальные рекомендации Российской Ассоциации Специалистов по Ультразвуковой Диагностике в Медицине по проведению эластографии сдвиговой волны для ультразвуковых аппаратов компании Филипс с примером протокола. 2017. [https://www.philips.ru/cdam/b2bhc/ru/about/events/Clinical Guidelines RASUDM liver elastography 2017 Ph LiverStiffness.pdf](https://www.philips.ru/cdam/b2bhc/ru/about/events/Clinical_Guidelines_RASUDM_liver_elastography_2017_Ph_LiverStiffness.pdf)
5. Сенча, А.Н. Ультразвуковая эластография. От простого к сложному / А.Н. Сенча, Э.И. Пеняева, Д.М. Шмелев. – Москва: МЕДпрессинформ, 2023. – 292 с.: ил. ISBN 978-5-907632-57-8
6. Эластография сдвиговых волн. Анализ клинических примеров (практическое руководство для последипломной профессиональной переподготовке врачей): учебное пособие для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы высшего образования по специальности 31.08.11 Ультразвуковая диагностика (уровень ординатуры). – 2-е изд., перераб. и доп. / А.В. Борсуков [и др.]; под ред. А.В. Борсукова. – СИМК – 2022. – 468 с. – ISBN 978-5-91894-102-7.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Борсуков, А.В. Стандартизированная методика компрессионной соноэластографии щитовидной железы / А.В. Борсуков, Т.Г. Морозова, А.В. Ковалев // Эндокринная хирургия. – 2014. – №1. – С. 55–61.
2. Barr RG, Wilson SR, Rubens D, Garcia-Tsao G, Ferraioli G. Update to the SRU Liver Elastography Consensus Statement Radiology 2020; 296 (2): 263–274).
3. Ferraioli G, Wong VW, Castera L, et al. Liver Ultrasound Elastography: An Update to the World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology Guidelines and Recommendations. Ultrasound Med Biol 2018; No. 44 (12): pp. 2419–2440.

Учебное издание

Светлана Викторовна Фомина

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ

Учебное пособие

Под ред. М.А. Зоркальцева

Редактор А.Ю. Коломийцев
Технический редактор О.В. Коломийцева
Обложка Е.М. Харитонова

Издательство СибГМУ
634050, г. Томск, пр. Ленина, 107
тел. +7 (3822) 901–101, доб. 1760
E-mail: izdatelstvo@ssmu.ru

Подписано в печать 25.07.2024 г.
Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура «Times». Печ. л. 2,6. Авт. л. 1,1
Тираж 100 экз. Заказ № 24

Отпечатано в Издательстве СибГМУ
634050, Томск, ул. Московский тракт, 2
E-mail: lab.poligrafii@ssmu.ru