

А.Н.Сенча, Э.И.Пеняева, Д.М.Шмелев

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ

От простого к сложному



**Москва
«МЕДпресс-информ»
2023**

УДК 616-018.22-073.43
ББК 52.512+53.64
С31

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в любой форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав. Книга предназначена для медицинских работников.

Книга печатается в авторской редакции.

Сенча, Александр Николаевич.

С31 Ультразвуковая эластография. От простого к сложному / А.Н.Сенча, Э.И.Пеняева, Д.М.Шмелев. – Москва : МЕДпресс-информ, 2023. – 292 с. : ил.
ISBN 978-5-907632-57-8

В монографии рассмотрены вопросы применения ультразвуковой эластографии в клинической практике с учетом актуальных практических и клинических рекомендаций. Подробно описаны методика проведения эластографии различных внутренних и поверхностно расположенных органов, принципы интерпретации результатов, факторы, влияющие на конкретный результат и эффективность, корректность и воспроизводимость количественных и качественных показателей эластографии.

Книга предназначена для практикующих врачей ультразвуковой диагностики, как для начинающих, так и для специалистов со стажем; врачей смежных специальностей – онкологов, хирургов, акушеров-гинекологов, гастроэнтерологов и инфекционистов; ординаторов, студентов медицинских вузов.

УДК 616-018.22-073.43
ББК 52.512+53.64

ISBN 978-5-907632-57-8

© Сенча А.Н., Пеняева Э.И., Шмелев Д.М., 2023
© Оформление, оригинал-макет, иллюстрации.
Издательство «МЕДпресс-информ», 2023
© Иллюстрация на обложке. valik4053022 /
Фотобанк «Фотодженика», 2023

Оглавление

Предисловие	6
Сокращения	7
Введение	8
Глава 1. Методы и технология эластографии	10
1.1. Strain-эластография	12
1.1.1. Методика проведения исследования	15
1.1.2. Ограничения компрессионной эластографии	23
1.2. Эластография сдвиговой волной	24
1.2.1. Транзиентная эластометрия	25
1.2.2. ARFI-эластография	27
1.3. Воспроизводимость методик эластографии	32
1.4. Безопасность эластографии	33
Глава 2. Печень	36
2.1. Общие правила проведения исследования печени	37
2.2. Факторы-конфаундеры	44
2.3. Неизменная печень	44
2.4. Стадирование фиброза у пациентов с хроническими диффузными заболеваниями печени	45
2.4.1. Трудности и ограничения	47
2.4.2. Хронический вирусный гепатит	49
2.4.3. Неалкогольная жировая болезнь печени	55
2.4.4. Влияние воспаления, холестаза и венозного застоя на жесткость печени	61
2.4.5. Алкогольная болезнь печени	67
2.4.6. Аутоиммунные и холестатические заболевания печени	71
2.5. Прогнозирование осложнений, портальной гипертензии	73
2.5.1. Компенсированное прогрессирующее хроническое заболевание печени	73
2.5.2. Эластометрия в диагностике синдрома портальной гипертензии	76
2.6. Мониторинг после лечения	82
2.7. Эластометрия печени в педиатрической практике	86
2.8. Эластография в оценке трансплантата печени	90
2.9. Эластография при очаговых образованиях печени	90
Глава 3. Селезенка	98
3.1. Методика исследования селезенки	98
3.2. Неизменная селезенка	100
3.3. Общие вопросы	100
3.4. Эластография селезенки при гематологических заболеваниях	102
3.5. Эластография очаговых образований селезенки	104
Глава 4. Молочные железы	107
4.1. Методика исследования молочных желез	107
4.1.1. Компрессионная эластография	108
4.1.2. Эластография сдвиговой волной	111
4.2. Неизменная молочная железа	115
4.3. Доброкачественные образования молочной железы	116

4.4. Рак молочной железы	125
4.5. Корреляция со шкалой BI-RADS	132
4.6. Критерии изменения категории BI-RADS	135
4.7. Пункционная биопсия под контролем эластографии	136
4.8. Мониторинг неoadъювантной терапии	136
4.9. Состояние после аугментационной маммопластики	137
4.10. Грудные (молочные) железы у мужчин	137
Глава 5. Щитовидная железа, околощитовидные железы	144
5.1. Методика исследования щитовидной железы	144
5.1.1. Компрессионная эластография	144
5.1.2. Эластография сдвиговой волной	147
5.2. Дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных узловых образований щитовидной железы	149
5.2.1. Доброкачественные узловые образования щитовидной железы	151
5.2.2. Рак щитовидной железы	160
5.2.3. Фолликулярные неоплазии	160
5.3. Системы стратификации риска рака щитовидной железы	169
5.4. Диагностика местного рецидива рака щитовидной железы	172
5.5. Диффузные заболевания щитовидной железы	173
5.6. Эластография щитовидной железы в педиатрической практике	175
5.7. Эластография околощитовидных желез	176
Глава 6. Лимфатические узлы	187
6.1. Методика исследования лимфатических узлов	188
6.2. Неизменные лимфатические узлы	189
6.3. Дифференциальная диагностика лимфаденопатий	189
6.3.1. Реактивная лимфаденопатия	189
6.3.2. Лимфомы	189
6.3.3. Метастатическое поражение лимфатических узлов	192
6.4. Эластография в мониторинге эффективности системной терапии	197
6.5. Эндоскопическая эластография в диагностике поражения перитонеальных и медиастинальных лимфатических узлов	197
Глава 7. Предстательная железа	201
7.1. Методика исследования предстательной железы	201
7.1.1. Компрессионная эластография	202
7.1.2. Эластография сдвиговой волной	206
7.2. Неизменная предстательная железа	207
7.3. Доброкачественные изменения предстательной железы	209
7.4. Рак предстательной железы	211
7.4.1. Прогнозирование клинической значимости рака предстательной железы	214
7.5. Биопсия под контролем эластографии	215
7.6. Рецидив рака предстательной железы	216
Глава 8. Органы мошонки	220
8.1. Методика исследования	220
8.1.1. Компрессионная эластография	220
8.1.2. Эластография сдвиговой волной	222
8.2. Очаговые образования яичек	225
8.3. Неопухолевая патология органов мошонки	229
Глава 9. Органы малого таза у женщин	237
9.1. Методика исследования и нормальные значения	237
9.2. Эластография в гинекологической практике	240

9.2.1. Патология миометрия.	240
9.2.2. Патология эндометрия	246
9.2.3. Патология шейки матки	249
9.2.4. Патология яичников	252
9.2.5. Экстрагенитальная патология	255
9.3. Эластография в акушерской практике	257
9.3.1. Вопросы безопасности	257
9.3.2. Исследование шейки матки в период беременности	258
9.4. Другие случаи применения эластографии в акушерстве и гинекологии	260
Глава 10. Эластография почек	265
10.1. Методики эластографии почек	265
10.1.1. Компрессионная эластография	265
10.1.2. Эластография сдвиговой волной	265
10.2. Техника проведения исследования	266
10.3. Возможное клиническое применение	269
10.3.1. Диагностика хронической болезни почек	269
10.3.2. Оценка почечного трансплантата	269
10.3.3. Диагностика новообразований почек	271
Глава 11. Поджелудочная железа	274
11.1. Методики эластографии	274
11.1.1. Компрессионная эластография	274
11.1.2. Эндоскопическая компрессионная эластография	275
11.1.3. Эластография сдвиговой волной	275
11.1.4. Эндоскопическая эластография сдвиговой волной	277
11.2. Опухоли поджелудочной железы	282
11.3. Дифференциальная диагностика опухолей и неопухолевых заболеваний поджелудочной железы	284
11.4. Эластография поджелудочной железы у детей	284

Предисловие

Ультразвуковая диагностика – стремительно развивающаяся специальность. Постоянное повышение качества аппаратуры требует от врача непрерывного совершенствования своих знаний и освоения новых навыков. В такой гонке за техническим прогрессом особую роль приобретает актуальная литература, где доступно и подробно изложены все аспекты новых технологий. Одной из таких методик является ультразвуковая эластография.

В самом начале освоения технологии важно не только понимать, как ее выполнять, но и знать физические основы, методический подход в проведении и интерпретации результатов исследования, а также практические нюансы, которые могут помочь избежать ошибок в оценке. С приобретением опыта у врача появляются совсем другие вопросы. Потребность уточнить сложные и спорные моменты: к кому обратиться в такой ситуации?

Серия монографий «От простого к сложному» благодаря системному подходу в описании помогает ответить на вопросы как начинающих специалистов, так и врачей с опытом, наглядно показывает методику от основ до экспертной оценки. Такая научная литература становится настольной книгой врача как источник необходимой информации, на поиск которой у нас иногда есть всего несколько минут.

В книге обобщен многолетний опыт исследователей по применению новых и перспективных ультразвуковых технологий. Авторы постарались максимально точно и полно описать современные виды ультразвуковой эластографии по ее основным направлениям и эффективным модальностям, методы ранней и дифференциальной диагностики в гепатологии, маммологии, эндокринологии, гинекологии, других направлениях, проанализировать общее состояние проблемы, определить реалии и тенденции развития, наметить перспективы и новые горизонты.

Монография будет интересна и полезна не только врачам ультразвуковой диагностики на всех этапах освоения специальности, но и коллегам – клиницистам (онкологам, гастроэнтерологам, хирургам, гематологам и др.), которые хотят более детально разобраться в новых методах диагностики и работать в сфере современной доказательной медицины.

С глубочайшим уважением
к авторскому коллективу,
Н.Н.Ветшева,
д.м.н., профессор кафедры
ультразвуковой диагностики
ФГБОУ ДПО РМАНПО
Минздрава России

Введение

Ультразвуковая эластография сегодня перестала быть привилегией избранных клиник и врачей крупных научно-исследовательских учреждений, большинство сканеров выше «среднего класса» как минимум поддерживают технологию компрессионной эластографии и полуколичественного анализа. Постепенно эластография входит в стандарты оказания медицинской помощи при широком спектре заболеваний и патологических состояний.

Совершенствуются методики и методология, развиваются новые технологии и модальности, появляются дополнительные методики на основе эластографии – ультразвуковая стеатометрия, дисперсия сдвиговой волны, эластография в режиме трехмерной реконструкции изображения... Модернизируется ультразвуковое оборудование, расширяется спектр количественных параметров и характеристик, улучшается воспроизводимость, совершенствуются программы автоматического программного анализа и стратификации, появляются новые направления эффективных приложений эластографии. Из новых направлений эластографии за последние три года увеличилось количество публикаций в скелетно-мышечном и ревматологическом разделах, исследования глазных и периферических тканей, изучение патологии легких и плевры, заболеваний поджелудочной железы, регионарных (в том числе сигнальных) лимфатических узлов (ЛУ), молочной (МЖ), щитовидной (ЩЖ), околощитовидных (ОЩЖ), слюнных желез и т.д. Перспективными являются направления сочетанной гибридной визуализации с другими диагностическими лучевыми методами, например, магнитно-резонансная эластография, технологии эндоскопической или эндобронхиальной ультразвуковой эластографии.

Большие возможности современных ультразвуковых технологий и инноваций эхографии не исключают, а даже предполагают продолжение исследований в данной области с целью поиска новейших, совершенствования имеющихся модификаций ультразвуковой эластографии, еще более информативных признаков для дифференциальной диагностики патологии органов брюшной полости, забрюшинного пространства, поверхностно-расположенных органов.

В монографии обобщен многолетний опыт исследователей по применению быстро внедряющихся в клиническую практику новых и перспективных технологий ультразвуковой эластографии, других инноваций эхографии. Целью данного издания является обобщить и систематизировать мировой и отечественный опыт применения эластографии в клинической практике, систематических обзоров и мета-анализов, сделав акцент именно на практических аспектах. Авторы постарались максимально точно и полно описать современные технологии ультразвуковой эластографии по ее основным направлениям и эффективным модальностям, методы ранней и дифференциальной диагностики в гепатологии, маммологии, эндокринологии, гинекологии, другим направлениям, проанализировать общее состояние проблемы, определить реалии и тенденции развития, наметить перспективы и новые горизонты. На основе анализа базовых и мультипараметрических данных определены пути интеграции результатов различных технологий исследования, проанализированы, обобщены и интегрированы рекомендации ведущих европейских и всемирных ассоциаций ультразвука в медицине и биологии.

Авторы – практические врачи ультразвуковой диагностики – уже традиционно, в известной серии монографий последних лет «Ультразвуковая диагностика. Шаг за шагом. От простого к сложному», зная не понаслышке трудности и реалии работы врача-диагноста, определенные аппаратные и временные сложности и ограничения, различия экспертов и фирм-производителей ультразвукового оборудования, постарались не только придерживаться принципа «от простого к сложному» в изложении, продвигаясь от основ к экспертности, но и максимально доступно и просто писать о сложном и непростом, непонятном и до конца не познанном.

В монографии значительное внимание уделено иллюстративному материалу, приведено большое количество клинических примеров и наблюдений, представлены

оригинальные эхограммы с детализацией ранних и дифференциальных признаков заболеваний, с описанием нозологических форм и стадий патологического процесса. Издание также содержит большое количество схем, таблиц, рисунков, эхограмм, существенно облегчающих восприятие материала.

В данном издании приведены выдержки из актуальных практических рекомендаций, в которых указаны уровень доказательности и степень рекомендации (табл. В1).

Книга предназначена для практикующих врачей ультразвуковой диагностики: как для начинающих врачей, так и специалистов со стажем; врачей смежных специальностей: лучевой диагностики, онкологов, хирургов, акушеров-гинекологов, гастроэнтерологов и инфекционистов; ординаторов и аспирантов, студентов медицинских вузов.

Таблица В1. Уровень доказательности и степень рекомендаций

Уровень доказательности LoE (Level of evidence)	
1a	Систематический обзор гомогенных рандомизированных исследований 1-го уровня и метаанализов
1b	Рандомизированное исследование с узким доверительным интервалом
1c	Рандомизированное контролируемое исследование
2a	Систематический обзор гомогенных когортных исследований
2b	Когортное исследование с низким качеством рандомизации
2c	Контролируемые исследования по принципам GSP (good clinical practice)
3a	Систематический обзор гомогенных исследований типа случай–контроль
3b	Исследование типа «случай–контроль»
4	Серия случаев и когортные исследования или исследования типа «случай–контроль» низкого качества
5	Мнение экспертов
Степень рекомендации GoR (Grade of recommendation)	
Класс I (A)	Большие двойные слепые плацебо-контролируемые исследования, данные, полученные при метаанализе нескольких рандомизированных контролируемых исследований
Класс II (B)	Небольшие рандомизированные контролируемые исследования, со статистическими расчетами на ограниченном числе пациентов
Класс III (C)	Нерандомизированные клинические исследования на ограниченном числе пациентов
Класс IV (D)	Выработка группой экспертов консенсуса по определенной проблеме

Основоположником диагностической пальпации принято считать Гиппократ (V–IV вв. до н.э.), описавшего диагностическую пальпацию молочной железы, матки, опухолей и др. Однако задолго до него (XXV–XV вв. до н.э.) методики пальпации были известны лекарям Древнего Египта (XV в. до н.э.), о чем свидетельствуют папирусы Эберса и Эдвина Смита. Уже тогда было замечено, что различным патологическим изменениям органов и тканей человека сопутствует изменение их жесткости [1]. С тех пор пальпация является неотъемлемой частью физикального исследования и применяется врачами всех клинических специальностей. В рамках ультразвуковой диагностики еще при использовании В-режима появлялись предпосылки к развитию эластографии, когда «на глаз» оценивалась сжимаемость и смещаемость образования или зоны интереса путем компрессии датчиком. Первые работы по ультразвуковой оценке упругости тканей датируются 1970-ми годами, а уже в 1991 г. группа исследователей из США (J.Ophir и соавт. [2]) сообщили о возможности количественной визуализации распределения деформации и модуля упругости в мягких тканях на основе экспериментов на фантоме и макропрепаратах тканей животных и впервые предложили термин «эластография». Так в клиническую практику вошла strain-эластография (SE). Вторым типом эластографии является эластография сдвиговой волной (SWE), появление которой стало прорывом в развитии метода, совершившим настоящий переворот инструменталь-

ной диагностики в гепатологии. Первые опыты по измерению сдвиговой упругости проводились еще в 1990 г. Т.Sugimoto и соавт., а также в 1997 г. А.П.Сарвазяном и соавт. [3–5]. А в 2003 г. была зарегистрирована методика транзистентной эластографии (ТЭ), которая эволюционировала до эластографии сдвиговой волной с использованием усиленного сфокусированного акустического импульса (ARFI-SWE).

В данной главе мы кратко коснемся физики методов эластографии и общих правил проведения исследований с использованием различных методик. Специфичные для какого-либо органа особенности проведения исследования будут рассмотрены в соответствующих главах.

Рекомендации Европейской федерации ультразвуковой диагностики в медицине и биологии (EFSUMB) определяют эластографию как «разновидность дистанционной пальпации, которая позволяет измерять и отображать биомеханические свойства, связанные с упругими восстанавливающими силами в ткани, действующими против деформации сдвига» [6]. Физической основой эластографии является либо модуль упругости, или модуль Юнга (E, кПа), либо модуль сдвиговой упругости, или модуль сдвига (G, кПа). Как правило, модуль Юнга оценивается при проведении ультразвуковой эластографии, а модуль сдвига – при магнитно-резонансной (МР) эластографии [7]. МР-эластография количественно определяет жесткость тканей путем вычисления модуля сдвига на основе измерений смещения сдвиговой волны в ответ на внешнее механи-

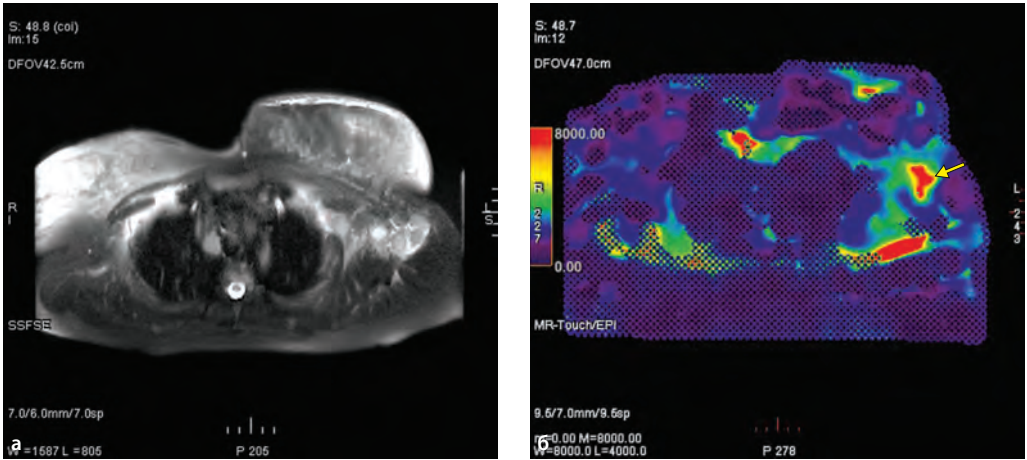


Рис. 1.1. Примеры МР-изображений. Метастатическое поражение подмышечных ЛУ при РМЖ: T2-взвешенное изображение (а); МР-эластограмма (стрелкой указан метастатически измененные ЛУ повышенной жесткости) (б). Собственное наблюдение.

ческое воздействие, с формированием МР-эластограмм (рис. 1.1). На территории Российской Федерации МР-эластография не получила пока широкого распространения. В данном издании рассматриваются методики ультразвуковой эластографии. В зависимости от метода, используемого для приложения силы (напряжения) и измерения последующего смещения ткани, ультразвуковую эластографию подразделяют на strain-эластографию (компрессионную или с помощью усиленного акустического импульса)

и эластографию сдвиговой волной (рис. 1.2), последняя, в свою очередь, подразделяется на ТЭ и методики, использующие силу сфокусированного акустического импульса.

Совершенно некорректно использование термина «плотность» применительно к эластографии, так как плотность как физиологических, так и патологических тканей ($\approx 1,05 \text{ г/см}^3$), за исключением жировой и хрящевой, практически равна плотности воды (1 г/см^3) или физиологического раствора ($1,01 \text{ г/см}^3$) [8].

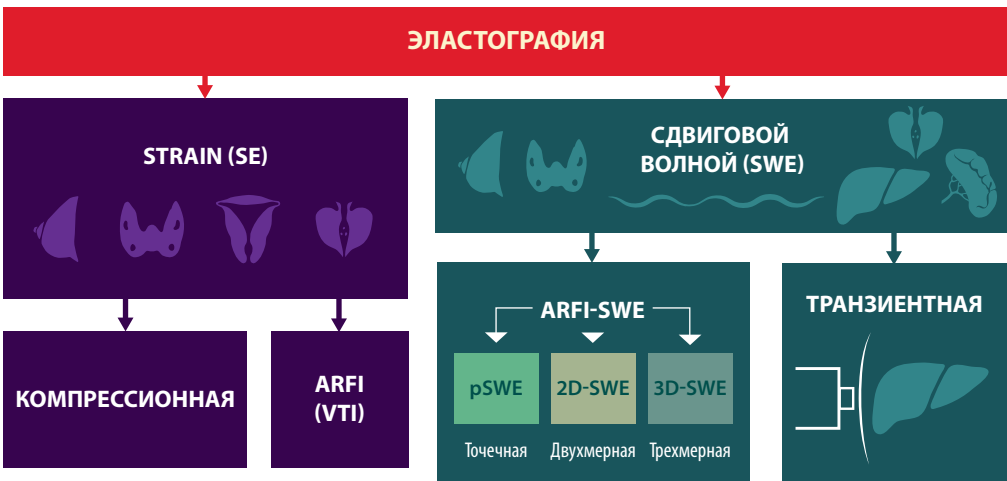


Рис. 1.2. Схематичное изображение основных методик ультразвуковой эластографии.

1.1. Strain-эластография

Strain-эластография – это первый метод эластографии, появившийся в клинической практике, данному типу эластографии как нельзя лучше подходит термин «эластография» (греч. grapho – «пишу», что означает относящийся к графическому воспроизведению чего-либо, в данном случае – эластичности, упругости, отраженной цветовой эластограммой, накладывающейся на серошкальное изображение). Несмотря на то что с физической точки зрения понятия эластичности и упругости практически

являются синонимами, сами физики предпочитают использовать термин «упругость», характеризуя в теории упругости свойства веществ сопротивляться растяжению и сжатию при упругой деформации [8]. Однако в клинической практике термины «более упругий» – «менее упругий» не прижились и чаще используются термины «твердый» – «мягкий» соответственно, что и отражается в значениях шкалы эластичности у большинства производителей УЗ-техники (soft – «мягкий», hard – «твердый») (рис. 1.3).

Ответ твердого тела на прилагаемое усилие описывается модулями упруго-

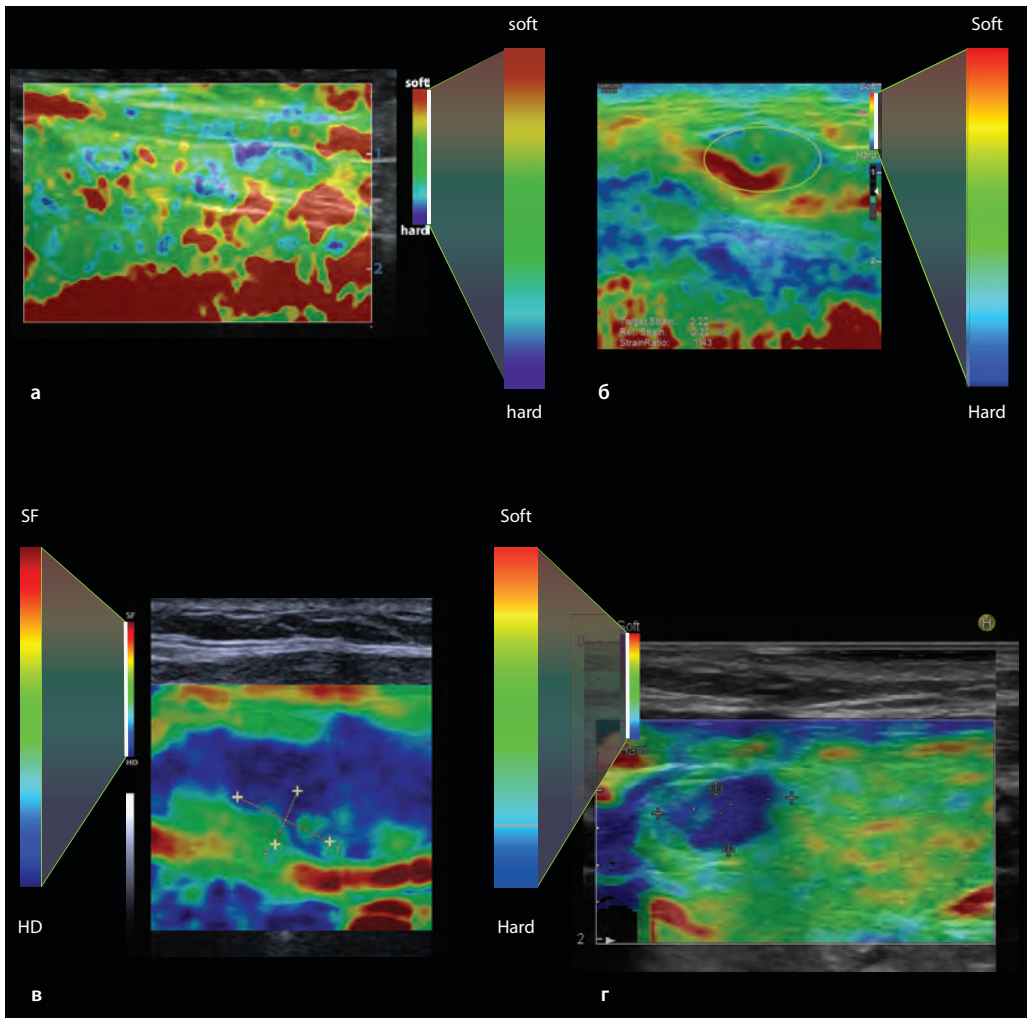


Рис. 1.3. Примеры шкалы эластичности у разных производителей УЗ-сканеров.

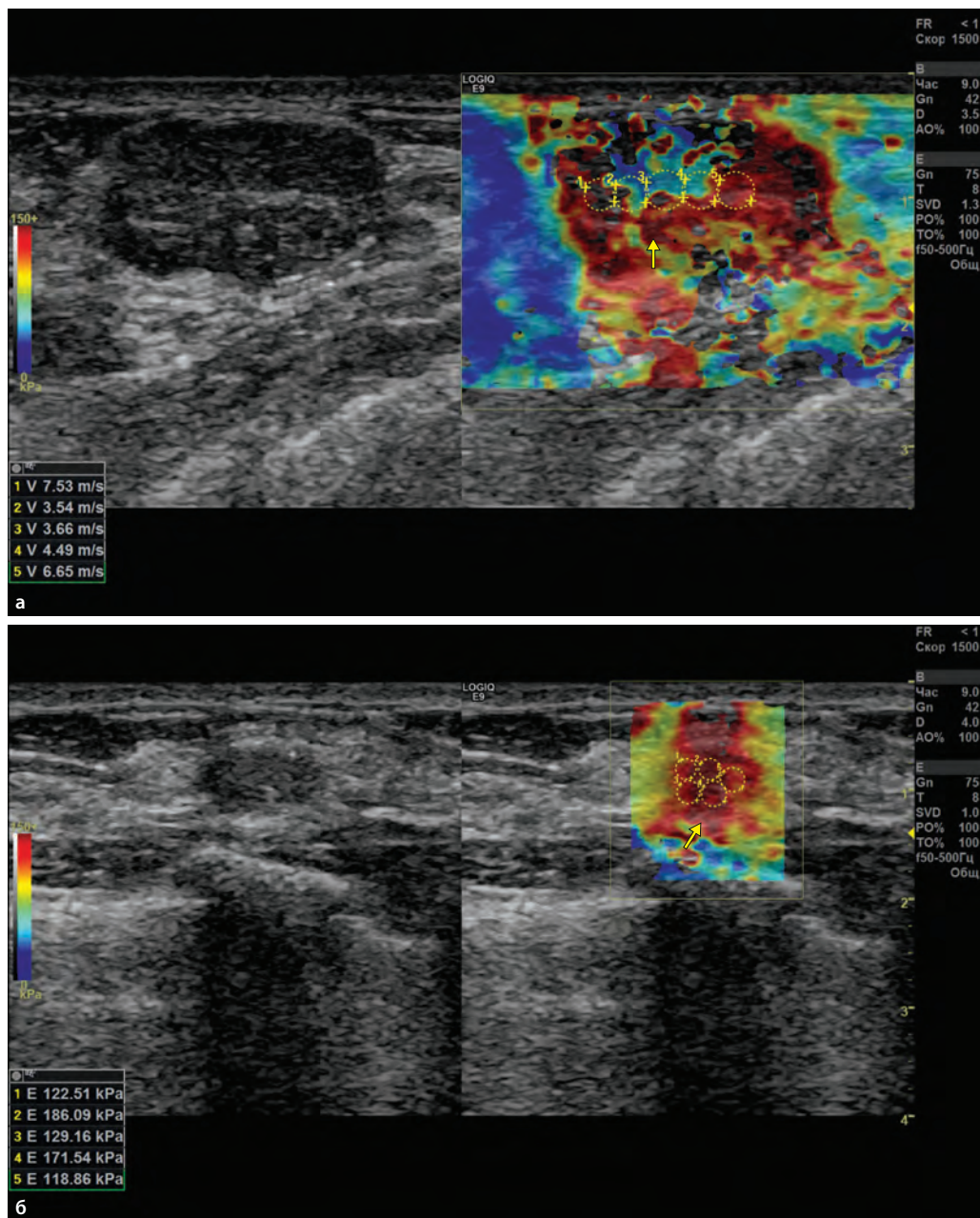


Рис. 4.21. Эластограммы МЖ. Атипичная (повышенная) жесткость доброкачественных образований (фиброаденом) за счет гетерогенности структуры опухоли (а) и за счет избыточной компрессии датчиком (б).

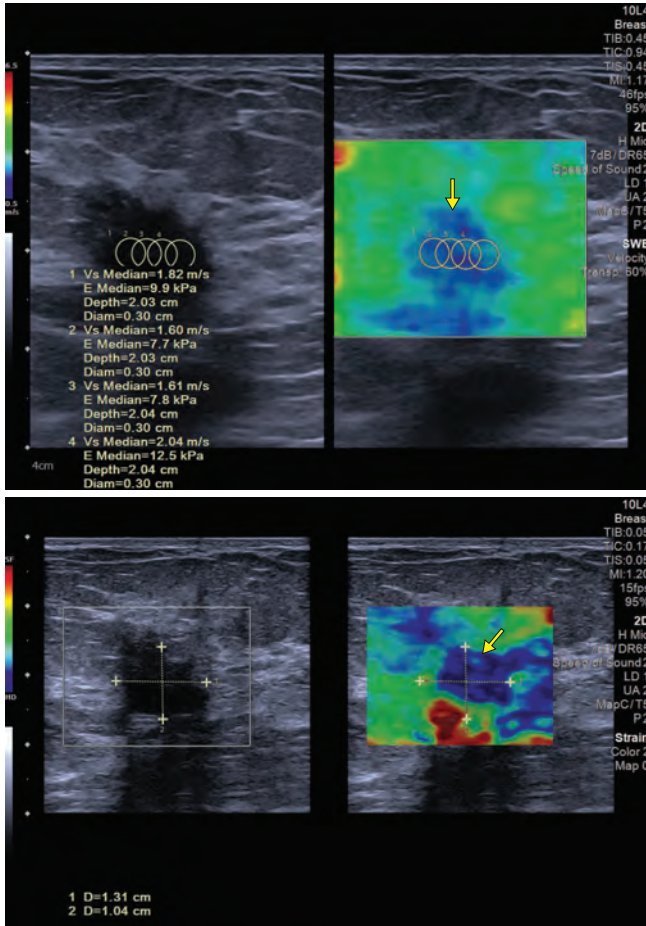


Рис. 4.22. Эластограммы МЖ. Атипичная (пониженная) жесткость РМЖ. В режиме SE – EI/B-Ratio <1, E_{mean} – 7–13 кПа, Cs – 1,6–2,0 м/с.

Таблица 4.2. Шкала BI-RADS

Категория	Вероятность РМЖ	Тактика	
BI-RADS 0	Неполное исследование	Дополнительные методы визуализации	
BI-RADS 1	Возрастная норма	Скрининг	
BI-RADS 2	Доброкачественные изменения	Скрининг	
BI-RADS 3	Вероятно доброкачественные	Контроль через 6 мес.	
BI-RADS 4	Подозрительное на злокачественное	Биопсия	
	А – низкая вероятность злокачественности		2–10%
	В – средняя вероятность злокачественности		10–50%
BI-RADS 5	С – высокая вероятность злокачественности	50–95%	
BI-RADS 5	Наиболее вероятно злокачественное	Более 95%	Биопсия
BI-RADS 6	Верифицированный рак	100%	Хирургическое лечение

жесткость образования, поэтому эластографическая оценка не должна преобладать над более предсказательными признаками злокачественности для определения тактики ведения пациента [2].

С учетом рекомендаций WFUMB (табл. 4.3) [6]:

1. Категориям BI-RADS 1 и BI-RADS 2 соответствуют:
 - SE: 1-й, 2-й типы и тип BGR эластограмм по шкале Tsukuba, StrainRatio <2,8, EI/B-Ratio <1;
 - SWE: Cs <2,6 м/с, E <20 кПа.
2. Категории BI-RADS 5:
 - 5-й тип эластограммы по шкале Tsukuba, StrainRatio >4,5, EI/B Ratio >1;
 - SWE: Cs >5,2 м/с, E >80 кПа.
3. Промежуточные результаты относятся к категориям BI-RADS 3 или BI-RADS 4:
 - 3-й тип эластограммы по шкале Tsukuba, StrainRatio – 2,8–4,5, или Cs – 2,6–4,5 м/с, или E – 20–60 кПа рассматриваются как критерии BI-RADS 3;
 - 4-й тип эластограммы по шкале Tsukuba, EI/B-Ratio=1, StrainRatio – 2,8–4,5 или Cs – 4,5–5,2 м/с, E – 60–80 кПа рассматриваются как критерии BI-RADS 4.







При выявлении повышенной жесткости образований BI-RADS 3 должен быть рассмотрен вариант проведения диагностической биопсии (LoE: 2a, GoR: b).

EFSUMB, 2018

4.6. Критерии изменения категории BI-RADS

Согласно рекомендациям WFUMB, уточнение с помощью СЭГ образований, отнесенных по результатам традиционного УЗИ к категории BI-RADS 2, не требуется. С учетом того, что диагностика образований молочных желез всегда должна осуществляться с позиций онкологической настороженности, по результатам СЭГ возможно изменение категорий образований BI-RADS 3 и 4А, но понижение категорий 4В–5 не рекомендуется [6]. При выявлении по результатам СЭГ признаков злокачественности, категория образования повышается, что предполагает проведение пункционной биопсии. Критерии понижения и повышения категории основаны на результатах мультицентрового исследования BE1 (Berg W.A. et al., 2012 [31]). По результатам данного исследования выделены правила, которые подразделяются на консервативные и агрессивные в зависимости от используемых пороговых значений, для того чтобы оценить уровень подозрения на злокачественность. Образования из категории BI-RADS 3 с высокой жесткостью ($E_{\max} >160$ кПа или Cs >7,3 м/с) должны быть подвергнуты биопсии – перевод в категорию BI-RADS 5. Категория образований BI-RADS 4А может быть понижена до BI-RADS 3 в случае выявления низкой жесткости, которая, согласно агрес-

Таблица 4.3. Соответствие данных эластографии категориям по шкале BI-RADS (BR) в соответствии с рекомендациями WFUMB [6]

BI-RADS	BR-1	BR-2	BR-3	BR-4	BR-5	
Шкала Tsukuba	1	2	BGR	3	4	5
						
StrainRatio*	<2,8			2,8–4,5		>4,5
EI/B-Ratio	<1		–	–	=1	>1
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

* При использовании жировой клетчатки в качестве референсной ткани.

сивному правилу, составляет менее 80 кПа или 5,2 м/с, а согласно консервативному – менее 30 кПа или 3,2 м/с. При использовании агрессивного правила обеспечивается более высокая специфичность, но более низкая чувствительность, при использовании консервативного правила чувствительность повышается, вплоть до 100% по данным F.K.Schäfer и соавт. (2013), при сохраняющейся высокой специфичности [32]. Схематично данные правила представлены на рисунке 4.23.

4.7. Пункционная биопсия под контролем эластографии

Эластография может использоваться для сопровождения пункционных биопсий, так как плотность опухолевых клеток не всегда выше в центре образования, а также могут определяться зоны опухолевого некроза. Таким образом, выявление наиболее жестких участков образования и забор материала из этой зоны ведут к повышению точности и снижению частоты неинформативных биопсий. Наиболее мягкие участки в опухолевом образовании могут соответствовать зоне некроза опухоли, соответственно стоит избегать получения гистологического материала из данных областей. Так, в исследовании A.Peker и соавт. (2021) при сравнении точности биопсии под УЗ-контролем и контролем SWE полу-

чены значения чувствительности 96,7 и 100% соответственно. При этом показатели доброкачественного и злокачественного соответствия для биопсии под УЗ-контролем составили 94,7%, а для биопсии под контролем SWE – 100% при заборе материала из наиболее жестких участков и 90% при заборе материала из наиболее мягких участков. Также отмечались различия в определении молекулярного подтипа опухоли: выявлении рецепторов к эстрогену и прогестерону и показателя пролиферативной активности опухоли Ki67. Конкордантность иммуногистохимического подтипа составила 100% при биопсии из наиболее жестких участков опухоли и 71,4% при биопсии из мягких участков или только под УЗ-контролем [33].

4.8. Мониторинг неoadъювантной терапии

Неoadъювантная химиотерапия (НХТ) при РМЖ применяется не только в случае неоперабельных опухолей, но и в целях увеличения количества органосохраняющих операций и определения чувствительности к системной терапии при операбельном раке. Точная оценка патоморфологического ответа опухоли позволяет своевременно изменить тактику лечения у пациентов с отсутствием ответа на терапию, определить группу пациенток для органосохра-

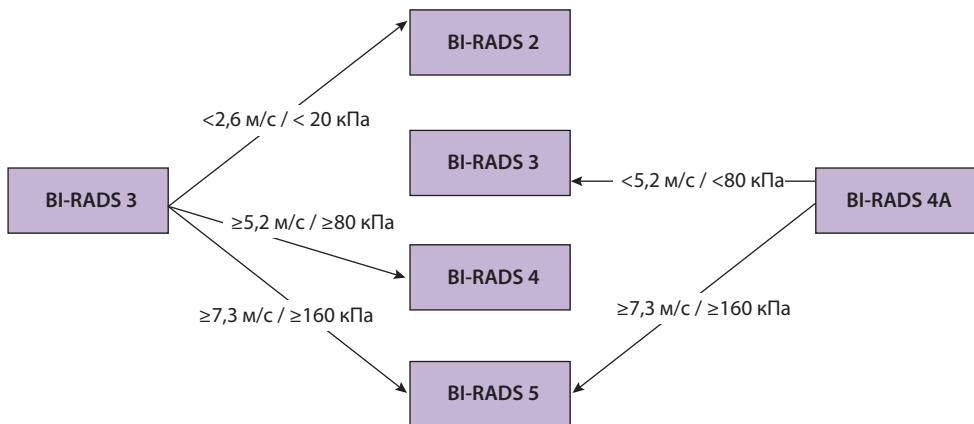


Рис. 4.23. Схема изменения категории BI-RADS с учетом данных эластографии: TS – тип эластограммы по шкале Tsukuba, SR – StrainRatio, EI/B – EI/B-Ratio.

5

Щитовидная железа, околощитовидные железы

Ультразвуковое исследование щитовидной железы (ЩЖ) с эластографией входит в актуальные исследования согласно ФСИДИ. Всем пациентам с подозрением на злокачественное новообразование ЩЖ, а также перед проведением радиоiodтерапии рекомендуется выполнить ультразвуковое исследование ЩЖ, регионарных ЛУ шеи, органов брюшной полости и забрюшинного пространства [1]. У пациентов с подозрением на патологию ЩЖ УЗИ является методом первой линии визуальной оценки. Метод позволяет оценить наличие и локализацию, размеры, структуру, количество очагов (узлов) в ЩЖ, характер их кровоснабжения, наличие кальцинатов, определить целостность капсулы узла и самой ЩЖ, связь опухоли с гортанью, трахеей. Хронический тиреоидит и злокачественные опухоли увеличивают диффузную или очаговую жесткость ЩЖ [2], поэтому эластография, как потенциальный индикатор данных изменений, может предоставить дополнительную информацию для принятия клинических решений. ЩЖ является одним из наиболее хорошо исследованных «внепеченочных» применений эластографии, уступая лишь исследованию молочных желез.

Согласно Рекомендациям WFUMB (2017), перед выполнением эластографии должно быть проведено традиционное УЗИ с оценкой стандартных критериев (локализации, количества, формы, размеров контуров, содержимого, экзогенности и васкуляризации узлов) и оценкой узлов ЩЖ по системе

TI-RADS (Thyroid Imaging Reporting and Diagnostic System – система интерпретации и протоколирования визуализации щитовидной железы) [3]. Эластография рекомендуется в качестве дополнительного инструмента к традиционному УЗИ и для динамического наблюдения узлов, которые по результатам тонкоигольной аспирационной пункционной биопсии ранее были диагностированы как доброкачественные [3].

5.1. Методика исследования щитовидной железы

5.1.1. Компрессионная эластография

Компрессионная эластография является первой методикой эластографии, применяемой при исследовании ЩЖ в клинической практике. Со времени первой публикации А. Lyshchik и соавт. (2005) [4] по использованию SE для оценки патологии ЩЖ был накоплен большой опыт использования данной методики, а ее эффективность подтверждена большим числом научных публикаций. Методика проведения SE ЩЖ в целом не отличается от методики SE других поверхностно-расположенных органов (см. главу 1), с некоторыми дополнениями [5, 6].

Исследование проводится в стандартном положении пациента: лежа на спине с запрокинутой назад головой, можно использовать валик под шею пациента. При проведении SE ультразвуковой датчик располагают строго перпендикулярно к исследуемому органу и патологическому образованию,



Рис. 5.1. Проведение компрессионной эластографии ЩЖ. Положение пациента и ультразвукового датчика.

избегая давления на шею (рис. 5.1). Деформация создается либо за счет дозированной мануальной компрессии УЗ-датчиком подлежащих тканей, либо с использованием физиологических колебаний, например пульсации сонной артерии. Мануальная компрессия должна быть постоянной, незначительной (амплитуда 1–5 мм), однонаправленной, ритмичной (1–2 раза в секунду), до получения нескольких последовательных эластограмм, содержащих минимальное количество «шумов» и артефактов. Во время получения эластограмм следует попросить пациента задержать дыхание. Зона фокуса располагается на уровне узла или чуть ниже него. Затруднения при проведении компрессионной эластографии ЩЖ возникают вследствие ее анатомо-топографических особенностей, вследствие которых не всегда возможна равномерная компрессия зоны интереса и референсной зоны. Кроме того, передаточная пульсация сонной артерии может служить причиной возникновения артефактов, которые могут быть уменьшены при продольном сканировании. Оценка должна быть произведена с использованием не менее двух независимых эластограмм.

При необходимости получения полук количественных данных (StrainRatio) эластографическое окно должно располагаться с захватом референсной зоны – неизменной паренхимы (рис. 5.2а) или прилежащей мышцы. Референсная зона может располагаться в паренхиме или, в случае отсутствия в зоне интереса неизменной парен-

химы, в прилежащей мышечной ткани, но значения StrainRatio для одного и того же узла в этих случаях будут отличаться [3]. Кроме традиционной мануальной компрессии, в качестве действующей силы может использоваться пульсация сонной артерии, при этом сканирование проводится в поперечном сечении с неподвижным положением датчика, для расчета коэффициента деформации TSI (аналог StrainRatio) референсная зона располагается в мягких тканях прекаротидной зоны (рис. 5.2б) [3]. В рекомендациях WFUMB (2017) [3] указано, что StrainRatio рассчитывается как отношение средней деформации в референсной зоне к средней деформации в узле ЩЖ, однако очередность установки ROI в данные зоны может варьироваться в зависимости от используемого УЗ-сканера.

Оценка SE проводится по следующим признакам [6]:

- по факту появления окрашивания (цветового паттерна) в структуре узла и его отличия от окружающей паренхимы;
- по типу окрашивания соответственно выбранным настройкам шкалы («мягкое», «жесткое», смешанное, другое);
- по характеру окрашивания (однородное, неоднородное);
- по относительной площади окрашивания в сравнении с серошкальным изображением.

Все эти признаки были объединены в различные шкалы визуальной оценки, которые упрощают и стандартизируют описание выявленных изменений: шкала T.Rago

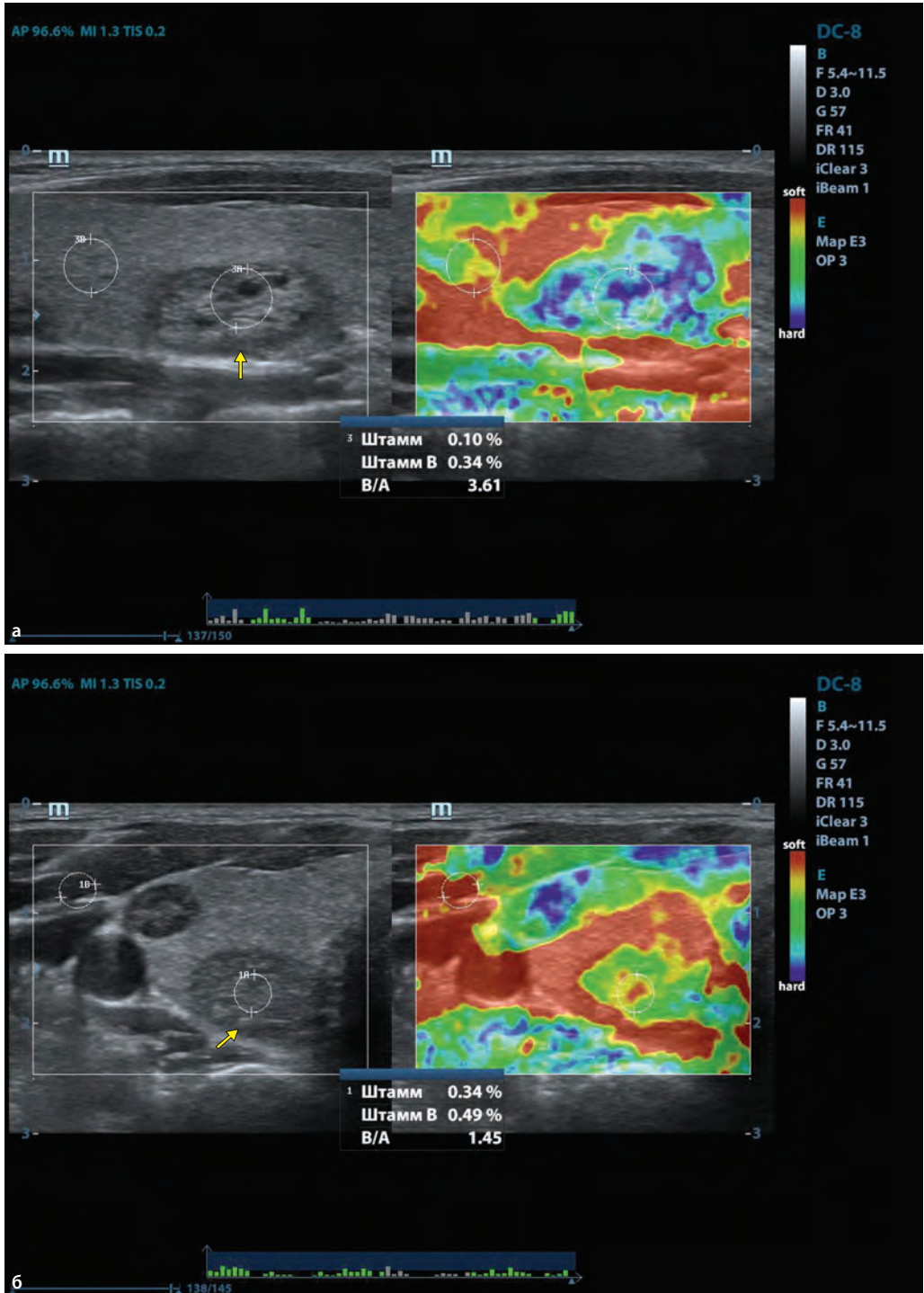


Рис. 5.2. Эластограммы. Узлы ЩЖ. Расположение ROI при расчете: StrainRatio – ROI расположены в зоне узла и в неизменной паренхиме (а); TSI – ROI расположены в ЩЖ и прекаротидной зоне (б).

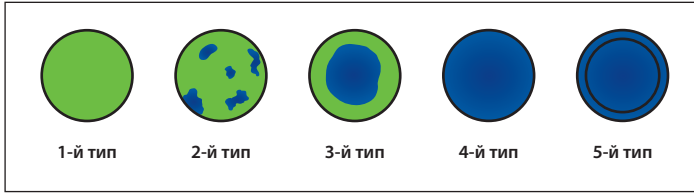


Рис. 5.3. Шкала Rago: 1-й тип – узел полностью мягкий (зеленый); 2-й тип – узел в основном мягкий (зеленый, с небольшими синими включениями); 3-й тип – узел мягкий на периферии и более жесткий в центре (голубой центр, зеленая периферия); 4-й тип – узел полностью ригидный (синий); 5-й тип – узел и окружающая ткань ригидны (синий).

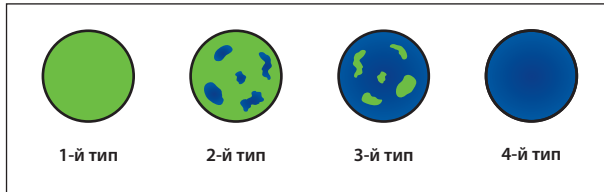


Рис. 5.4. Система оценки компрессионной эластографии узлов ЩЖ Asteria: 1-й тип – узел полностью зеленый (средняя жесткость); 2-й тип – узел в основном зеленый, с небольшими синими участками (средней жесткости, с небольшими жесткими участками); 3-й тип – узел в основном синий (жесткий), с небольшими зелеными участками; 4-й тип – узел полностью синий (жесткий).

(рис. 5.3), которая в целом идентична пятибалльной шкале Tsukuba для РМЖ, или четырехбалльная шкала Asteria [7, 8] (рис. 5.4). В России наиболее распространена шкала Rago (Tsukuba).

Факторами, влияющими на информативность SE, являются [9]:

- опыт оператора;
- возникновение артефактов в связи с анатомо-топографическими особенностями органа;
- наличие в очагах кистозных компонентов и кальцинатов.
- поверхностное расположение, в том числе узлы в перешейке;
- малые размеры образования.

5.1.2. Эластография сдвиговой волной

При исследовании ЩЖ, как правило, используется технология 2D-SWE, представляющая не только количественную, но и качественную информацию о жесткости тканей в зоне опроса. Технология pSWE также используется в некоторых моделях ультразвуковых сканеров. Соблюдение методики выполнения SWE является залогом

успешного проведения исследования. Как для методов pSWE, так и для 2D-SWE важно, чтобы во время сбора данных зона интереса была неподвижна. При 2D-SWE пациент должен оставаться неподвижным в течение нескольких секунд, чтобы получить стабильную эластограмму. Также при проведении SWE важно избегать компрессии ультразвуковым датчиком подлежащих мягких тканей, что вызывает артефакт повышения жесткости в ближнем поле (рис. 5.5).

Одним из основных факторов успеха проведения 2D-SWE является правильная настройка шкалы. При стандартных настройках верхняя граница шкалы может быть значительно завышена, соответствуя значениям 180 кПа, что значительно превышает жесткость паренхимы ЩЖ и большинства узловых образований (20–60 кПа). Таким образом, паренхима ЩЖ и узлы будут картироваться синими («мягкими») оттенками даже при наличии узла повышенной жесткости. Соответственно при исследовании ЩЖ рекомендуется снижать верхний порог жесткости до 80 кПа [10].

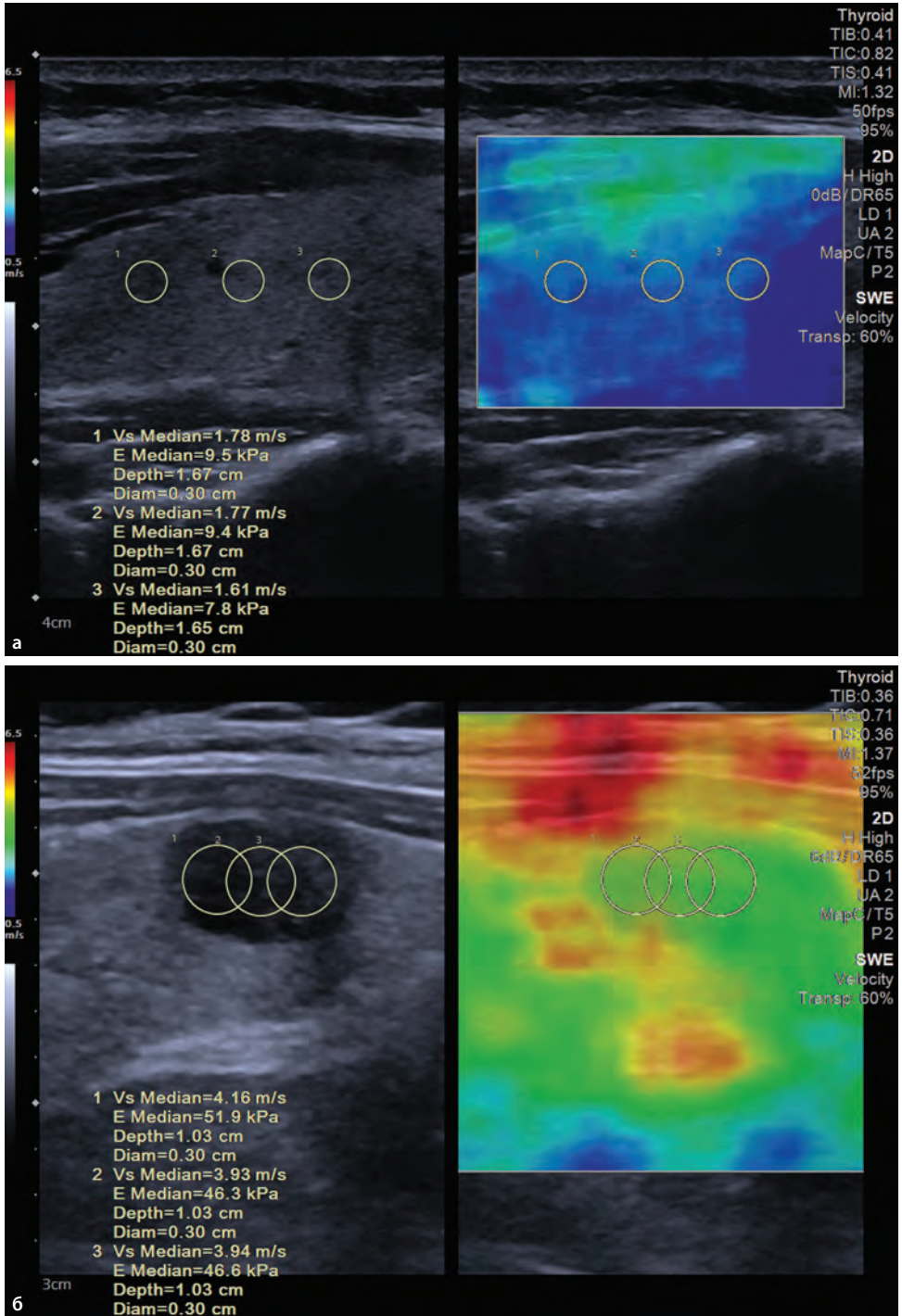


Рис. 5.5. Эластограммы ЩЖ. Режим SWE: отсутствие компрессии датчиком, равномерное окрашивание ближнего поля оттенками синего и зеленого (а); избыточная компрессия датчиком – повышение жесткости (красный) в ближнем поле (б).

Первое упоминание о применении эндоскопической эластографии при исследовании поджелудочной железы (ПЖЖ) принадлежит M.Giovannini и соавт. (2006) [1]. С тех пор интерес к данной методике не угасает, хотя количество публикаций по данной теме значительно уступает признанным методикам эластографии печени, селезенки, щитовидной железы, молочных желез, предстательной железы. Ультразвуковое исследование ПЖЖ трансабдоминальное с эластографией и эндоскопическое ультразвуковое исследование ПЖЖ (одним из компонентов которого указана эластография) являются актуальными исследованиями согласно ФСИДИ, а это значит, что они могут использоваться в клинической практике. Для проведения трансабдоминальной эластографии необходима качественная визуализация ПЖЖ, что не всегда возможно из-за возникновения артефактов, экранирования газом кишечника. Выполнение эндоскопического исследования позволяет визуализировать ПЖЖ с высоким разрешением и минимальным количеством артефактов в непосредственной близости от датчика. Методики ультразвуковой эластографии постоянно развиваются. Еще несколько лет назад компрессионная эластография выполнялась как при трансабдоминальном, так и при эндоскопическом исследовании, а SWE была доступна только при проведении трансабдоминального исследования. В настоящее время методики SWE доступны к применению и при эндоскопическом УЗИ [2].

11.1. Методики эластографии

11.1.1. Компрессионная эластография

При трансабдоминальной компрессионной эластографии оценка жесткости ПЖЖ проводится за счет деформации тканей, вызванной передаточной пульсацией от аорты [3]. Для верной оценки нужно, чтобы зона интереса была расположена между поверхностью датчика и аортой, поэтому наиболее корректные результаты могут быть получены при оценке жесткости тела ПЖЖ, а эластограммы головки и хвоста ПЖЖ следует интерпретировать с осторожностью [2, 3]. Для качественной оценки SE предложены шкалы визуальной оценки, которые имеют большую точность при проведении эндоскопической SE.

Относительно выбора референсной зоны для проведения полуколичественного анализа (коэффициента деформации или гистограммы деформации) по сей день нет единого мнения. Учитывая мнение о том, что жесткость жировой ткани практически неизменна у разных людей, было предложено измерять коэффициент деформации как отношение деформации жировой ткани к целевой зоне, по аналогии с образованиями молочных желез. Однако нет уверенности в том, что «мягкая» зона по периферии ПЖЖ действительно является жировой тканью [3]. Также возможно расположение референсной зоны в ткани ПЖЖ за пределами зоны интереса. При указанных вариантах расположения референсной зоны значения коэффициента деформации

для одного и того же образования существенно различаются. Кроме того, большой разброс значений коэффициентов деформации при доброкачественных и злокачественных поражениях ПЖЖ в различных исследованиях свидетельствует о высокой операторозависимости методики.

Для получения качественной эластограммы требуется соблюдение нескольких условий [3, 4]:

1. Требуется хорошая визуализация в В-режиме на глубину порядка 6 см от поверхности датчика с минимальным количеством артефактов. Получение качественной эластограммы у пациентов с выраженным ожирением может быть затруднительным. Также ограничением для получения качественной визуализации как в В-режиме, так и при проведении эластографии является метеоризм.
2. Сканирование проводится из эпигастральной области в положении пациента лежа на спине, полусидя или на левом боку.
3. Исследование проводится при задержке дыхания.
4. Следует избегать дополнительной компрессии датчиком на переднюю брюшную стенку.
5. Цвета на эластограмме меняются при пульсации аорты, поэтому требуется анализ эластограмм, полученных на протяжении 5–10 пульсаторных циклов.
6. Два варианта расположения ROI приемлемы: только в ПЖЖ или в зоне интереса и в окружающих тканях.
7. С учетом того, что SE является отображением относительной жесткости ткани, важно наличие достаточного объема неизменной (референсной) ткани, окружающей зону интереса. Наиболее информативную информацию можно получить, если зона интереса занимает до 50%.

11.1.2. Эндоскопическая компрессионная эластография

При проведении эндоскопической компрессионной эластографии (эндо-SE) используется компрессия тканей, возникающая за счет сердечных сокращений или дыхательных движений при неподвижном поло-

жении датчика. Наилучшие результаты эндо-SE получают при приложении простого смещения по одной оси, поскольку деформация измеряется только в направлении по оси. При использовании датчика с изогнутой сканирующей поверхностью рекомендуется сужать окно опроса, так как область, расположенная непосредственно под поверхностью датчика, может подвергаться большей компрессии, чем боковые зоны [5].

Ранние работы с использованием RTE (Real Time Elastography, Hitachi Aloka) использовали настройку шкалы жесткости, при которой жесткие ткани (менее деформируемые) отображались синим цветом, мягкие ткани (более деформируемые) – красным цветом, промежуточные значения – в оттенках зеленого и желтого. Как и при традиционном ультразвуковом исследовании, конвексный эндоскопический датчик устанавливается в нисходящей части и в луковице двенадцатиперстной кишки для визуализации головки ПЖЖ, в антральном отделе и теле желудка – для визуализации тела, в дне желудка – для исследования хвоста ПЖЖ.

При проведении SE и эндо-SE результаты оцениваются при помощи шкал визуальной оценки (табл. 11.1, 11.2; рис. 11.1).

11.1.3. Эластография сдвиговой волной

При проведении SWE ПЖЖ действуют общие принципы, описанные в главе 1. Для получения качественной эластограммы и корректных значений жесткости важно получение качественной визуализации в В-режиме, без интерпозиции газа на пути прохождения ультразвукового луча. Исследование у взрослых пациентов проводится с использованием конвексного датчика. При проведении исследования не следует использовать заполнение желудка водой. В случае неудовлетворительной визуализации в положении пациента на спине, исследование возможно в вертикальном положении, положении пациента полусидя, лежа на правом или левом боку. В случае если в рамках мультипараметрического УЗИ планируется проведение контраст-усиленного УЗИ, его следует выполнить после проведения эластографии.

Таблица 11.1. Шкала визуальной оценки компрессионной эластографии ПЖЖ по M.Giovannini и соавт. (2006, 2009) [1, 44]

Баллы	Группа Изменения	Цветовой паттерн	Жесткость	Тип образования
1	А Доброкачественные/воспалительные	Зеленый	Мягкая	Нормальная ткань ПЖЖ
2		Зеленый, желтый, красный	Неоднородно мягкая	Фиброз, воспалительные изменения
3	В Неопределенные	Преимущественно синий с минимальной неоднородностью, «пчелиные соты»	Смешанная	Ранняя аденокарцинома ПЖЖ
4	С Злокачественные	Общий зеленый гипоэхогенный участок с синей тканью за пределами	Преимущественно жесткая	Нейроэндокринные опухоли, метастазы
5		Синие образования с неоднородностью, соответствующей некрозу	Жесткая	Аденокарцинома ПЖЖ

Таблица 11.2. Шкала визуальной оценки компрессионной эластографии ПЖЖ по J.Iglesias-Garcia и соавт. (2013) [6]

Баллы	Цветовой паттерн	Жесткость	Тип образования
1	Однородный зеленый	Мягкая	Нормальная ткань ПЖЖ
2	Неоднородный, преимущественно зеленый	Мягкая	Воспалительные образования
3	Неоднородный, преимущественно синий	Жесткая	Злокачественные опухоли
4	Однородный синий	Жесткая	Нейроэндокринные злокачественные опухоли ПЖЖ

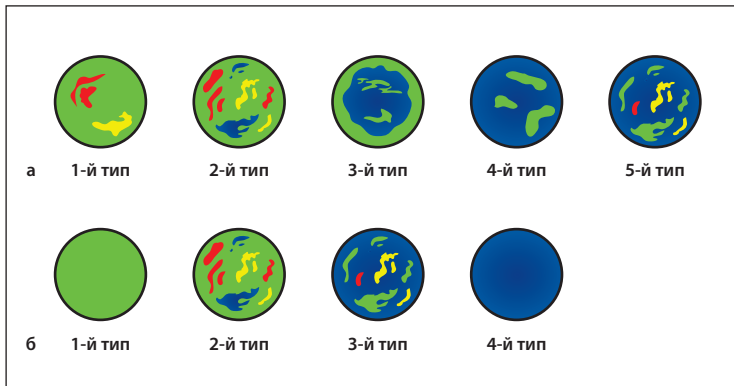


Рис. 11.1. Шкалы визуальной оценки компрессионной эластографии ПЖЖ по M.Giovannini и соавт. (2006) [1] (а) и J.Iglesias-Garcia и соавт. (2013) [6] (б).

Для повышения достоверности исследования не стоит ограничиваться одним измерением, следует провести несколько измерений в одной и той же зоне, а при исследовании крупных образований – по несколько измерений в различных участках образова-

ния, как правило, рекомендуется оценивать более 1 цветовой эластограммы и 5 измерений для каждого образования [7].

Недостатком pSWE является фиксированный размер окна опроса и отсутствие цветовой эластограммы, позволяющей иденти-

фиксируют наиболее жесткие и наиболее мягкие участки при проведении измерений, поэтому предпочтительно использовать 2D-SWE.

При выборе размера эластографического окна при 2D-SWE следует ориентироваться на размер целевой зоны: с одной стороны, он должен позволять проводить сравнительную оценку с неизменными тканями, а с другой – не включать большой объем перипанкреатических структур, что способствует повышению качества эластограммы. Также ROI не должно захватывать сосудистые структуры, кишечник и кальцинаты во избежание возникновения артефактов.

Наиболее часто при проведении эластографии ПЖЖ возникают артефакты, связанные с движением, вследствие передачной пульсации от аорты, перистальтики кишечника, дыхания пациента, поэтому измерения следует проводить при задержке дыхания.

11.1.4. Эндоскопическая эластография сдвиговой волной

Долгое время SE была единственной методикой эластографии, применяемой при эндоскопическом УЗИ, пока методика SWE для эндоУЗИ не появилась в коммерчески доступных УЗ-сканерах (ARIETTA 850, Fujifilm [ранее Hitachi Ltd], Япония). В 2019 г. E. Ohno и соавт. подтвердили возможность применения SWE при эндоУЗИ (эндо-SWE) с частотой успешных измерений 96,8% [8]. На момент написания монографии методика представлена только в виде технологии pSWE. Схематично проведение эндо-SWE представлено на рисунке 11.2.

Данная методика имеет ряд преимуществ перед трансабдоминальной SWE и эндоSE:

- получение абсолютных значений жесткости исследуемой зоны;
- отсутствие множества анатомических структур на пути распространения УЗ-луча;

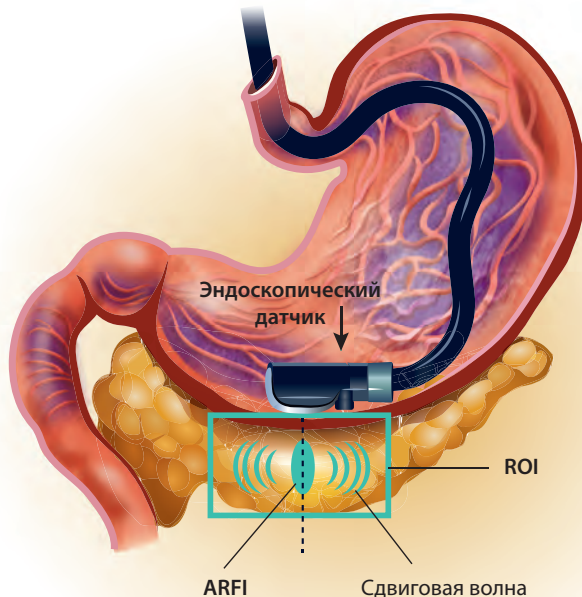


Рис. 11.2. Эндоскопическая эластография ПЖЖ сдвиговой волной (схема).

- близость зоны интереса к сканирующей поверхности датчика;
- возможность изменять размер ROI: ROI высотой и шириной 5×10 мм позволяет проводить более точные измерения, в том числе у пациентов с толщиной ПЖЖ менее 10 мм.

Правила проведения эндо-SWE:

- Для определения целевой зоны и оценки условий сканирования на предварительном этапе должно быть выполнено традиционное эндоУЗИ.
- В В-режиме должно определяться хорошее качество изображения в области 30° влево и вправо от центра области интереса.
- Следует выбрать подходящий размер ROI, который может быть 0,5; 1,0 и 1,5 см. При выборе ROI малого размера количество участков измерения уменьшается. ROI размером 0,5 см часто выбирают для размещения в целевой зоне при хроническом панкреатите и в случае небольших образований.
- ROI должно быть расположено на глубине до 30 мм в пределах целевой зоны или целевого образования.
- ROI следует устанавливать, избегая кровеносных сосудов, зон реверберации, протоков ПЖЖ и областей с акустическими тенями.
- Следует избегать компрессии ПЖЖ эндоскопом, так как это может привести к ложному завышению значений жесткости ПЖЖ.
- Следует оценивать качество проведенного измерения, ориентируясь на рекомендации производителя ультразвуковой техники. Так, например, в УЗ-системе Arietta (Fujifilm, ранее – Hitachi) как фактор качества используется параметр VsN, измерение считается надежным при значениях >50%.

Данные относительно нормальной эластографической картины ПЖЖ немногочисленны. В норме ее жесткость равномерна во всех отделах в режимах SE и SWE, она характеризуется средней жесткостью (рис. 11.3) и в режиме SE картируется однородным окрашиванием в оттенках, соответствующих средней части шкалы (зеленым при настройке цветовой шкалы: красный –

«мягкий», синий – «жесткий»). При SWE среднее значение скорости сдвиговых волн у здоровых добровольцев значимо не различается для головки, тела и хвоста и составляет порядка 1,40 м/с [7]. При проведении эндо-SWE используется датчик большей частоты, поэтому значения Cs в норме в этом случае выше: 2,27 м/с в головке ПЖЖ, 2,08 м/с в теле и 2,20 м/с в хвосте [8], а следовательно, пороговые значения для диагностики патологии ПЖЖ для SWE и эндо-SWE не взаимозаменяемы. В исследовании Y.Yamashita и соавт. (2020) среднее значение Cs в неизменной паренхиме ПЖЖ, измеренной при эндо-SWE составляли 1,59 м/с [10].

Значения жесткости ПЖЖ, по данным SE и SWE, увеличиваются с возрастом, но не достигают значений пациентов с хроническим панкреатитом и не зависят от пола, размеров железы, массы тела и индекса массы тела [4, 9, 11–18].

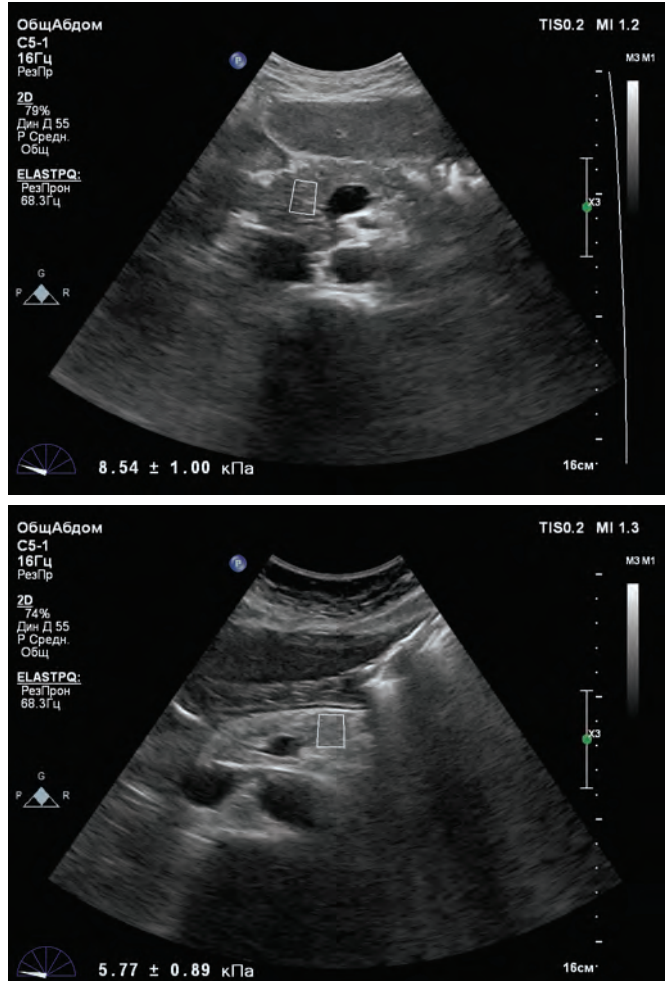
Основными векторами применения эластографии ПЖЖ в клинической практике являются [17]:

- диффузные заболевания ПЖЖ, например для определения фиброза и аутоиммунных заболеваний;
- характеристика поражений ПЖЖ как жестких, что подозрительно на РПЖЖ;
- проведение биопсии в ригидной (жесткой) части очага;
- характеристика жесткости ПЖЖ при подозрении на хронический панкреатит;
- оценка жесткости ПЖЖ перед хирургической резекцией для прогнозирования свищевых осложнений;
- оценка ответа на лечение аутоиммунного панкреатита.

Неопухольевые заболевания ПЖЖ: панкреатиты острые, хронические, аутоиммунные

Острый панкреатит представляет собой асептическое воспаление демаркационного типа, в основе которого лежат некроз ацинарных клеток ПЖЖ и ферментная агрессия с последующим расширяющимся некрозом и дистрофией железы, при которых возможно поражение окружающих тканей, отдаленных органов и систем. Выделяют отечную форму острого панкреатита, составляющую до 80–85% случаев заболе-

Рис. 11.3. Эластограммы ПЖЖ при трансабдоминальном доступе в норме. Режим pSWE.



вания, и некротическую (панкреонекроз), которая развивается у 15–20% больных [19].

Литературные данные относительно изменения жесткости ПЖЖ при остром панкреатите противоречивы. В исследовании J.Xie и соавт. (2015) скорость сдвиговых волн у здоровых волонтеров и пациентов с острым панкреатитом достоверно не различалась как в головке ПЖЖ, так и в теле, составляя $1,18 \pm 0,23$ м/с против $1,18 \pm 0,20$ м/с и $1,21 \pm 0,20$ м/с против $1,25 \pm 0,19$ м/с соответственно [20]. Но по данным большинства авторов, жесткость ПЖЖ при остром панкреатите возрастает при всех видах эластографии, однако четкие пороговые значения для диагностики данного состояния отсутствуют. Зоны некроза при этом демон-

стрируют более «мягкое» окрашивание и меньшие значения количественных и полуколичественных характеристик жесткости. В исследовании С.Гёуа и соавт. (2014) [21] чувствительность трансабдоминального УЗИ в сочетании с SWE при использовании порогового значения $C_s > 1,63$ м/с в диагностике острого панкреатита составила 100%, специфичность – 98%, что превзошло аналогичные показатели мультиспиральной компьютерной томографии, были правильно идентифицированы и зоны некроза. Полуколичественная оценка (StrainRatio) при SE обеспечивает получение относительных данных, поэтому значения, полученные в различных исследованиях, различаются, также различаются и значения скоро-

сти сдвиговой волны или модуля Юнга при SWE. Значения указанных параметров при остром панкреатите по данным литературы представлены в таблице 11.3.

Хронический панкреатит – длительное воспалительное заболевание ПЖЖ, проявляющееся необратимыми морфологическими изменениями паренхимы и протоков органа, которые вызывают боль и/или стойкое снижение функции [22]. Эндоскопическое УЗИ является наиболее чувствительным методом ранней диагностики хронического панкреатита, выраженность которого оценивается по классификации Rosemont, принятой в 2007 г. [22]. Ее критерии включают 6 паренхиматозных признаков, отражающих состояние паренхимы органа, которые делятся на большие (выделенные жирным шрифтом) и малые:

- **гиперэхогенные очаги с тенью**;
- **дольчатость по типу «пчелиных сот»**;
- дольчатость без признака «пчелиных сот»;
- гиперэхогенные очаги без тени;
- гиперэхогенные тяжи;
- кисты.

Классификация также включает 5 протоковых критериев, которые также делятся на большой признак (выделен жирным шрифтом) и малые признаки:

- **наличие конкрементов**;
- дилатация главного панкреатического протока;
- расширение боковых ветвей;
- неравномерность главного протока;
- гиперэхогенность стенок протока.

Выделяют 4 группы признаков по достоверности диагноза хронического панкреатита: определенный, предположительный, неопределенный и норма.

Ранняя диагностика хронического панкреатита на доклиническом этапе важна в связи с потенциальным развитием экзокринной и эндокринной дисфункции и риска развития РПЖЖ. Согласно Клиническим рекомендациям МЗ РФ и рекомендациям Российской гастроэнтерологической ассоциации, использование эластографии и/или контрастирования в ходе эндоУЗИ панкреатобилиарной зоны может повышать чувствительность метода в выявлении хронического панкреатита и дифференциальной диагностике

с опухолями [22, 23]. Также, согласно Практическим рекомендациям EFSUMB по применению эластографии при внепеченочных локализациях, версия 2018 г [24]:

Трансабдоминальная и эндоскопическая ультразвуковая эластография могут использоваться в качестве дополнительных инструментов визуализации для диагностики и классификации хронического панкреатита (LoE: 2b, GoR: B).

EFSUMB, 2018

При проведении эндоSE паренхима ПЖЖ при хроническом панкреатите имеет неоднородное синее («жесткое») окрашивание, которое также называют рисунком по типу «пчелиных сот» [24]. Т.Kuwahara и соавт. (2016) [25], Y.Itoh и соавт. (2014) [26] выявили значимые корреляции между жесткостью ПЖЖ и гистологической степенью фиброза. В исследовании Т.Kuwahara и соавт. (2018) точность эластографии сдвиговой волны в диагностике легкого фиброза составила: AUC – 0,85, в диагностике умеренного фиброза – 0,84 и тяжелого фиброза – 0,87 [27]. В исследовании Y.Yamashita и соавт. (2020) [10] при эндоSWE была установлена корреляция значений Cs (м/с) с выраженностью критериев по классификации Rosemont, а также со степенью эндокринной дисфункции. Средние значения скорости сдвиговых волн в группах «определенно хронический панкреатит», «предположительно хронический панкреатит», «неопределенные изменения» и «норма» составляли 2,98 (2,29–4,52) м/с, 2,95 (2,19– 3,76) м/с, 1,8 (1,24– 3,02) м/с и 1,52 (1,02–2,52) м/с соответственно. Авторами предложено пороговое значение 2,19 м/с для диагностики хронического панкреатита (чувствительность – 100%, специфичность – 94%, AUC – 0,97). Также была выявлена корреляция между значениями Cs и степенью тяжести хронического панкреатита – наличием эндокринной дисфункции с развитием сахарного диабета, при использовании порогового значения 2,78 м/с, чувствительность и специфичность составили 70 и 56% соответственно, AUC – 0,75. Таким образом,

Литература

1. *Giovannini M., Hookey L.C., Bories E. et al.* Endoscopic ultrasound elastography: the first step towards virtual biopsy? Preliminary results in 49 patients // *Endoscopy*. – 2006, Apr. – Vol. 38(4). – P. 344–348. DOI: 10.1055/s-2006-925158.
2. *Yamamiya A., Irisawa A., Hoshi K. et al.* Recent Advances in Endosonography-Elastography: Literature Review // *J. Clin. Med.* – 2021, Aug. – Vol. 10 (16). – P. 3739. DOI: 10.3390/jcm10163739.
3. *Ciobanu L.* Pancreatic Elastography / In: «Ultrasound Elastography». M.Lupsor-Platon (Ed.). London: IntechOpen, 2019 [Online]. Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/70435>. DOI: 10.5772/intechopen.89965.
4. *Dietrich C.F., Hocke M.* Elastography of the Pancreas, Current View // *Clin. Endosc.* – 2019, Nov. – Vol. 52(6). – P. 533–540. DOI: 10.5946/ce.2018.156.
5. *Dietrich C.F., Barr R.G., Farrokh A. et al.* Strain Elastography – How To Do It? // *Ultrasound Int. Open.* – 2017, Sep. – Vol. 3(4). – P. E137–E149. DOI: 10.1055/s-0043-119412.
6. *Iglesias-Garcia J., Domínguez-Muñoz J.E., Castiñeira-Alvariño M. et al.* Quantitative elastography associated with endoscopic ultrasound for the diagnosis of chronic pancreatitis // *Endoscopy*. – 2013, Oct. – Vol. 45(10). – P. 781–788. DOI: 10.1055/s-003.
7. *Ferraioli G., Barr R.G., Farrokh A. et al.* How to perform shear wave elastography. Part II // *Med. Ultrason.* – 2022, May 25. – Vol. 24(2). – P. 196–210. DOI: 10.11152/mu-3342. Epub. 2021, Aug 3. PMID: 34379714.
8. *Ohno E., Hirooka Y., Kawashima H., Ishikawa T.* Feasibility of EUS-guided shear-wave measurement: A preliminary clinical study // *Endosc. Ultrasound.* – 2019, May–Jun. – Vol. 8(3). – P. 215–216. DOI: 10.4103/eus.eus_6_19.
9. *Ohno E., Hirooka Y., Kawashima H. et al.* Feasibility and usefulness of endoscopic ultrasonography-guided shear-wave measurement for assessment of autoimmune pancreatitis activity: a prospective exploratory study // *J. Med. Ultrason.* (2001). – 2019, Oct. – Vol. 46(4). – P. 425–433. DOI: 10.1007/s10396-019-00944-4.
10. *Yamashita Y., Tanioka K., Kawaji Y. et al.* Utility of Elastography with Endoscopic Ultrasonography Shear-Wave Measurement for Diagnosing Chronic Pancreatitis // *Gut Liver.* – 2020, Sep 15. – Vol. 14(5). – P. 659–664. DOI: 10.5009/gnl19170.
11. *Gallotti A., D'Onofrio M., Pozzi Mucelli R.* Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) technique in ultrasound with Virtual Touch tissue quantification of the upper abdomen // *Radiol. Med.* – 2010, Sep. – Vol. 115(6). – P. 889–897. DOI: 10.1007/s11547-010-0504-5.
12. *Janssen J., Papavassiliou I.* Effect of aging and diffuse chronic pancreatitis on pancreas elasticity evaluated using semiquantitative EUS elastography // *Ultraschall Med.* – 2014, Jun. – Vol. 35(3). – P. 253–258. DOI: 10.1055/s-0033-1355767.
13. *Chantarojanasiri T., Hirooka Y., Kawashima H. et al.* Age-related changes in pancreatic elasticity: When should we be concerned about their effect on strain elastography? // *Ultrasonics.* – 2016, Jul. – Vol. 69. – P. 90–96. DOI: 10.1016/j.ultras.2016.03.018.
14. *Kawada N., Tanaka S., Uehara H. et al.* Potential use of point shear wave elastography for the pancreas: a single center prospective study // *Eur. J. Radiol.* – 2014, Apr. – Vol. 83(4). – P. 620–624. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.1.
15. *Stumpf S., Jaeger H., Graeter T. et al.; Elasto-Study Group Ulm.* Influence of age, sex, body mass index, alcohol, and smoking on shear wave velocity (p-SWE) of the pancreas // *Abdom. Radiol. (NY).* – 2016, Jul. – Vol. 41(7). – P. 1310–1316. DOI: 10.1007/s00261-016-0661-7.
16. *Yashima Y., Sasahira N., Isayama H. et al.* Acoustic radiation force impulse elastography for noninvasive assessment of chronic pancreatitis // *J. Gastroenterol.* – 2012, Apr. – Vol. 47(4). – P. 427–432. DOI: 10.1007/s00535-011-0491-x.
17. *Arda K., Ciledag N., Aktas E. et al.* Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastogra-