

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е.В. Власова, Э.Г. Акрамова, Ф.Т. Хамзина, Е.П. Капустина

СОВРЕМЕННЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Учебное пособие для врачей

Казань 2026

УДК 615.8:616(07)

ББК 53.433я7

С 56

*Учебное пособие утверждено и рекомендовано к изданию
учебно-методической комиссией
Института фундаментальной медицины и биологии*

Авторы:

Е.В. Власова, кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры профилактической медицины ИФМиБ КФУ;

Э.Г. Акрамова, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры профилактической медицины ИФМиБ КФУ;

Ф.Т. Хамзина, кандидат медицинских наук, доцент кафедры профилактической медицины ИФМиБ КФУ; доцент кафедры ультразвуковой диагностики КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России

Е.П. Капустина, преподаватель кафедры профилактической медицины ИФМиБ КФУ

Рецензенты:

А.Ф. Юсупова, доцент, кандидат медицинских наук, доцент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России;

С.Ю. Ахунова, кандидат медицинских наук, доцент кафедры функциональной диагностики КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России

Власова Е.В., Акрамова Э.Г., Хамзина Ф.Т., Капустина Е.П.

С 56 Современные ультразвуковые технологии в клинической практике: учебное пособие / Е.В. Власова, Э.Г. Акрамова, Ф.Т. Хамзина, Е.П. Капустина. – Казань: ИД «МедДок», 2026. – 44 с.

В учебном пособии представлены основные принципы современных ультразвуковых технологий с учетом новых клинических рекомендаций. Изложены преимущества и ограничения технологий, методика выполнения, факторы, влияющие на результаты исследования. Издание иллюстрировано клиническими примерами. Учебное пособие предназначено для ординаторов, аспирантов и врачей, обучающихся по программам дополнительного профессионального образования по специальностям «Ультразвуковая диагностика», «Функциональная диагностика», «Кардиология», «Терапия», «Гастроэнтерология».

© Коллектив авторов, 2026

ISBN 978-5-908126-06-9

© ООО «Издательский дом «МедДок», 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Список сокращений	5
Глава 1. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭХОКАРДИОГРАФИИ	6
1.1. Импульсно-волновой режим тканевого доплера	6
1.2. Спекл-трекинг эхокардиография.....	7
1.3. Продольная деформация левого желудочка	9
1.4. Продольная деформация правого желудочка	13
Глава 2. ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ.....	15
2.1. Терминология и базовые принципы	15
2.2. Транзиентная эластография	15
2.3. ARFI-эластография сдвиговой волной	19
2.4. Факторы, влияющие на результаты двумерной эластографии сдвиговой волной.....	26
2.5. Пример протокола исследования печени эластографией сдвиговой волной	27
Глава 3. КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ	29
Заключение	38
Тестовые задания.....	39
Ответы на тестовые задания	40
Список литературы	41

ВВЕДЕНИЕ

Современные ультразвуковые приборы оснащены технологиями, позволяющими расширить диагностические возможности ультразвукового исследования. Некоторые ультразвуковые методики уже внедрены в диагностические алгоритмы клинических рекомендаций, другие недостаточно изучены, продемонстрировав диагностическую значимость в отдельных исследованиях. В издании обучающимся предлагается изучить технологии импульсно-волнового режима тканевого доплера, спекл-трекинг и ультразвуковой эластографии, основанные на оценке деформации тканей.

Современные ультразвуковые технологии позволяют повысить точность диагностики сердца при различных патологических состояниях, особенно для выявления ранней доклинической дисфункции миокарда при сердечной недостаточности различного генеза, в том числе на фоне внесердечной патологии, а также кардиомиопатиях, кардиотоксичности противоопухолевой терапии и т.д. Накопленный мировой опыт применения технологии спекл-трекинг позволил установить паттерны отдельных патологий, например при амилоидозе сердца и гипертрофической кардиомиопатии. Следует отметить, что в последние годы значительно расширился спектр эхокардиографических параметров левых и правых камер сердца на основе внедрения новых ультразвуковых технологий, некоторые из них включены в рекомендательные документы.

В последние годы в диагностических алгоритмах прослеживается тенденция к мультипараметрическому подходу, что подтверждается действующими рекомендациями Всемирной федерации ультразвука в медицине и биологии (WFUMB) –2024 г., в которых продемонстрирована возрастающая роль ультразвуковой эластографии при хронических заболеваниях печени. Применение современных ультразвуковых режимов позволяет не только неинвазивно диагностировать и определить стадию фиброза, но и оценить эффективность лечения и определить прогноз при патологии печени различной этиологии. Появляются новые ультразвуковые показатели, количественно отражающие накопление жира и воспалительный процесс в печени. Исследования выявили тесную корреляцию между гистологической оценкой фиброза печени и определением жесткости печени методом эластографии сдвиговой волной.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

2D-SWE – двумерная эластография сдвиговой волной

GLS – глобальная продольная деформация

IQR/M – интерквартильный диапазон

pSWE – точечная эластография сдвиговой волной

SWE – эластография сдвиговой волной

TDI PW – тканевой доплер в импульсно-волновом режиме

VSTE – транзиентная эластография (ТЭ)

кпХЗП – компенсированное прогрессирующее хроническое заболевание печени

НАЖБП – неалкогольная жировая болезнь печени

СТЭ – спекл-трекинг эхокардиография

ГЛАВА 1

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭХОКАРДИОГРАФИИ

1.1. Импульсно-волновой режим тканевого доплера

Метод оценивает продольную функцию желудочков в систолу и диастолу по скорости движения фиброзного кольца в исследуемой одной точке. Для получения результатов импульсно-волнового режима тканевого доплера необходимо в апикальной 4-х камерной позиции последовательно активировать режимы тканевого (TDI) и импульсно-волнового доплера (PW).

Контрольный объем последовательно размещают на латеральной и септальной части митрального кольца, латеральной части трикуспидального кольца с предварительной оптимизацией базовой линии для качественной визуализации. Методика является угломзависимой, поэтому рекомендуется направить ультразвуковой луч максимально параллельно оси сокращения миокарда, не превышая угол 20 градусов. В каждой из трех исследуемых точек получают пиковые значения систолической (выше базовой линии), ранней и поздней диастолической (ниже изолинии) скоростей движения: S'L, S'S, S'R, e'L, e'S, e'R, a'L, a'S, a'R в см/с. Применение импульсно-волнового режима тканевого доплера позволяет оценить систолическую и диастолическую функцию левого и правого желудочка. Режимом оснащены большинство современных ультразвуковых сканеров, метод является простым, воспроизводимым, доступным. К ограничениям метода относят неоптимальную визуализацию в В-режиме, зависимость от угла ультразвукового луча, а также некорректную оценку в отдельных клинических ситуациях, поскольку допускается предположение о глобальной функции желудочков, исходя из анализа одной точки левого и правого фиброзного кольца. Наличие кальциноза фиброзных колец, а также нарушения ритма сердца и проводимости влияют на результаты метода. Показатели импульсно-волнового режима тканевого доплера входят в диагностический алгоритм оценки диастолической функции желудочков.

Систолическая скорость (S') TDI характеризует скорость движения базального сегмента свободной стенки правого желудочка (ПЖ) во время систолы, выступая в качестве маркера продольной систолической функции ПЖ.

Скорость TDI S' может недооценивать функцию ПЖ в ближайшем послеоперационном периоде после тромбоза артерий легких, торакотомии или трансплантации сердца, при плохом качестве изображения, неадекватной оптимизации настроек доплеровского усиления или фильтра, несовпадении доплеровского луча с плоскостью движения или неоптимального позиционирования пациента. Скорость TDI S' может переоценивать функцию ПЖ в случае выраженного смещения верхушки ПЖ влево.

Рекомендованные нормы показателей TDI:

- ✓ при оценке правого желудочка $S'R > 9,5$ см/с; $e'R > 7,8$ см/с [1]
- ✓ при оценке левого желудочка $e'L > 7$ см/с; $e'S > 10$ см/с [2]

Переменные S'L, S'S отражают продольную сократимость левого желудочка, однако не входят в диагностические алгоритмы действующих рекомендаций. В соответствии с Рекомендациям по оценке правых камер сердца – 2025 скорость TDI S' должна быть включена в стандартную эхокардиографическую оценку систолической функции правого желудочка [3].

1.2. Спекл-трекинг эхокардиография

Спекл-трекинг эхокардиография (СТЭ) – это дополнительный эхокардиографический инструмент, использующий программное обеспечение для определения сегментарной и глобальной функции миокарда на основе деформации, являющейся результатом взаимодействия ультразвукового луча с тканью миокарда. СТЭ может быть выполнена во время получения изображения на ультразвуковом сканере или при постпроцессинговом анализе с использованием программного обеспечения для измерения деформации. Основным преимуществом СТЭ является независимость от угла и доказанная прогностическая значимость, однако существенным ограничением является зависимость от производителя.

Метод базируется на деформации Lagrangian, которая определяется как изменение длины объекта в определенном направлении относительно его базовой длины:

$$\text{Strain}(\%) = (L_t - L_0)/L_0,$$

где L_t — длина в момент времени t , а L_0 — начальная длина в момент времени 0. Наиболее часто используемым показателем глобальной систолической функции ЛЖ, основанным на деформации, является

глобальная продольная деформация (GLS). Его обычно оценивают с помощью СТЭ. На двумерной дифракционной съёмке пик GLS описывает относительное изменение длины миокарда ЛЖ между концом диастолы и концом систолы:

$$GLS(\%) = (MLs - MLd)/MLd,$$

Где ML — длина миокарда в конце систолы (MLs) и конце диастолы (MLd). Поскольку MLs меньше MLd, пиковая длина миокарда (GLS) имеет отрицательное значение. Отрицательная природа GLS может привести к путанице при описании увеличения или уменьшения деформации. Для преодоления разночтения в последние годы отмечается тенденция указывать абсолютные значения деформации без знака «-», при этом признавая его отрицательную природу.

Эхокардиографическая деформационная визуализация изначально была разработана как расширение тканевой доплеровской визуализации скорости (TDI) путем расчета скорости деформации на основе разницы скоростей между двумя точками миокарда относительно расстояния между измеренными точками. Применение измерений на основе TDI ограничено продольной деформацией из-за угловой зависимости доплеровских методов, чувствительностью к плохому соотношению сигнал/шум. СТЭ основана на покадровом отслеживании естественных акустических маркеров ультразвуковых изображений в серой шкале, или так называемых «спеклов» или «пятен», в течение сердечного цикла. «Спеклы» образуются при взаимодействии ультразвуковых волн с тканью миокарда и могут отслеживаться независимо от угла обзора для построения сегментарных кривых деформации и скорости деформации в продольном, циркулярном и радиальном направлениях ЛЖ (рис. 1). В отличие от одномерных скоростей преобразователя деформации TDI, СТЭ измеряет двумерное смещение спеклов, что позволяет выявить сегменты с нарушением локальной сократимости, следовательно, оценить не только глобальную, но и региональную функцию миокарда.

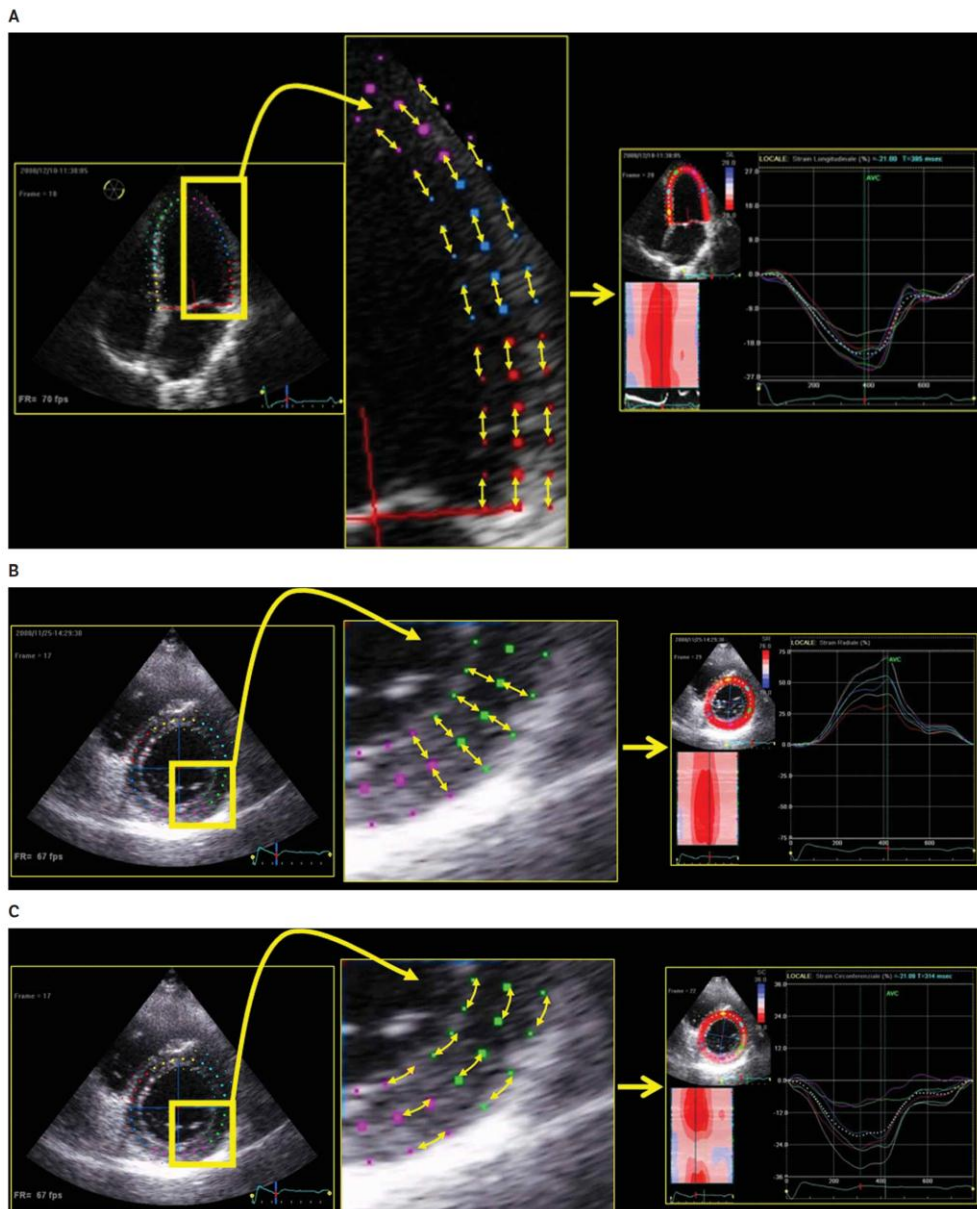


Рисунок 1. Эхокардиографический анализ деформации миокарда с помощью спекл-трекинга, показывающий измерения продольной деформации (А), радиальной деформации (В) и циркулярной деформации (С) [4].

1.3. Продольная деформация левого желудочка

Global Longitudinal Strain (GLS). Пиковое значение деформации, полученной в результате двумерного продольного спекл-трекинга, выраженное в %. К основным преимуществам GLS относят независимость от угла и доказанную прогностическую значимость. К ограничениям GLS относят зависимость от производителя, хорошего качества визуализации и правильного ракурса, сложность в воспроиз-

водимости плоскостей для анализа, и, как следствие, меньшая эффективность для циркулярной, радиальной и сегментарной деформаций. При динамическом контроле рекомендуется выполнять серию повторных измерений с использованием программы СТЭ одного и того же производителя для обеспечения корректного сравнения.

На результаты СТЭ влияют гемодинамические условия: повышенная преднагрузка приводит к увеличению показателей деформации, повышенная постнагрузка снижает показатели деформации, даже при сохранении собственной функции миокарда. Данные факторы объясняют необходимость проведения исследования при нормальных значениях системного артериального давления, на фоне синусового ритма.

Перед проведением спекл-трекинг эхокардиографии пациенту измеряют системное артериальное давление. Исследования проводят в положении пациента лежа на левом боку, сопровождая синхронизацией с ЭКГ. В программном обеспечении ультразвукового сканера создается идентификационный номер исследования и сохраняются кинопетли динамических изображений из апикального доступа в 4х, 3х и 2х-камерной позиции. В каждом динамическом изображении выбирается сердечный цикл с наилучшим качеством визуализации и частотой кадров 60-80 в секунду. Вручную конец диастолы устанавливается на зубец R ЭКГ или используются автоматические настройки. Закрытие аортального клапана (AVC) определяется по сигналу спектрограммы в импульсно-волновом доплере выходного тракта левого желудочка (ЛЖ). В последующем область интереса создается путём автоматического распознавания программным обеспечением с возможностью ручной корректировки. Сегменты исключаются программным обеспечением из дальнейшего анализа, если отслеживание не точно соответствует движению миокарда после двух попыток повторной настройки области интереса. Программное обеспечение автоматически делит ЛЖ на 7 равных сегментов в каждой из трех записей кинопетель с последующим покадровым отслеживанием траектории движения «спекла» на изображении миокарда и построением семи кривых зависимости деформации от времени (рис. 2). На каждой сегментарной кривой деформации измеряется пиковая систолическая (PS), конечно-систолическая (ES) и постсистолическая (PSS) деформации. Пики определялись следующим образом: PS – максимальное (положительное или отрицательное) значение деформации до AVC; ES – значение деформации в AVC; и PSS – максимальная отрица-

тельная деформация после AVC, если она более отрицательна, чем ES (рис. 3).



Рисунок 2. Автоматическое разделение миокарда левого желудочка на 7 сегментов в апикальной четырехкамерной проекции: БПБ – базальный переднебоковой, СЛБ – медиальный переднебоковой, ВерхБок – апикальный боковой, Верхушка – апикальный, ВерхПерег – апикальный перегородочный, СНП – медиальный нижнеперегородочный, БНП – базальный нижнеперегородочный (программное обеспечение QLAB версия 10.0, Epiq-7, Philips).

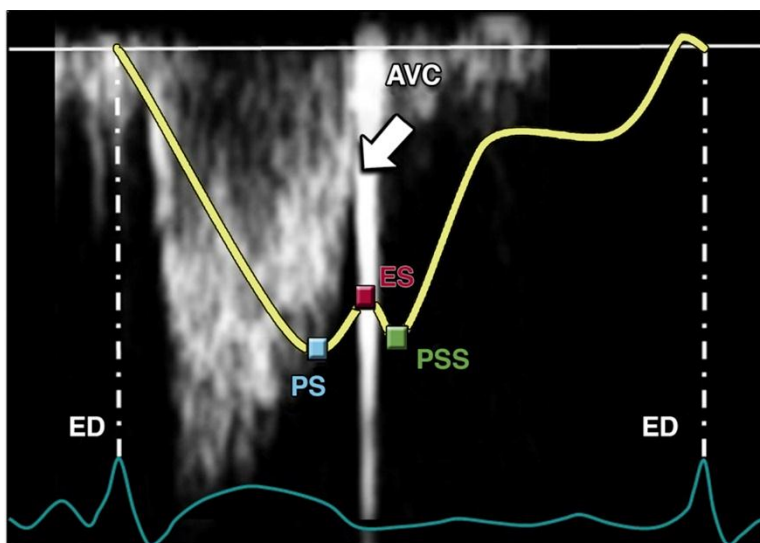


Рисунок 3. Спектрограмма импульсно-волнового доплера потока аортального клапана с выраженным артефактом закрытия (AVC). Жёлтая линия представляет собой кривую деформации. Белые пунктирные линии указывают время появления пика R на электрокардиограмме, соответствующий концу диастолы.

AVC – закрытие аортального клапана; ED – конец диастолы; ES – конечно-систолическая деформация, измеренная в момент закрытия аортального клапана; PS – пиковая систолическая деформация, определяемая как положительный или отрицательный пик во время систолы; PSS – постсистолическая деформация, любой пик, более отрицательный, чем конечная систолическая деформация после закрытия аортального клапана [5].

После верификации корректности изображения зоны интереса, формируется 17-сегментная диаграмма "бычий глаз" с цветовой кодировкой и указанием значений пиковой продольной систолической деформации для каждой зоны интереса изображений трёх апикальных проекций и их усредненное значение, отражающее глобальную продольную деформацию ЛЖ в виде абсолютного значения в % (рис. 19, левая панель).

Для оценки циркулярной деформации ЛЖ сохраняют на жесткий диск прибора записи в В-режиме трех последовательных кардиоциклов из парастернальной позиции по короткой оси на уровне конца створок митрального клапана, на уровне головок папиллярных мышц, на уровне верхушки ЛЖ. Дальнейшая последовательность действий получения глобальной циркулярной деформации ЛЖ совпадает с продольной деформацией ЛЖ. Результат представлен цветовой 16-сегментной диаграммой "бычий глаз" (рис. 19, правая панель).

При интерпретации результатов деформации важно понимать, что более отрицательные значения отражают большее укорочение. В некоторых исследованиях приводятся абсолютные величины деформации, т. е. «более высокие» показатели деформации являются более отрицательными.

Глобальная продольная деформация левого желудочка подтвердила свою диагностическую значимость и воспроизводимость в многочисленных исследованиях, однако до сих пор не решена проблема межвендорных различий референсных показателей. Тем не менее, значения глобальной продольной деформации левого желудочка включены в клинические рекомендации в качестве диагностических критериев сердечной недостаточности. Сегментарная деформация продемонстрировала значительную вариабельность измерений в исследованиях, до сих пор отсутствуют референсные значения односегментной деформации, следовательно, на данный момент требует дальнейшего изучения и применяется с осторожностью в клинической практике.

1.4. Продольная деформация правого желудочка

Метод характеризует пиковое значение деформации, полученной в результате двумерного продольного спекл-трекинга, усредненное по трем сегментам свободной стенки ПЖ или шести сегментам с включением межжелудочковой перегородки в апикальной 4х-камерной проекции, сфокусированной на ПЖ, выраженное в %.

Анализ деформации ПЖ выполняется из апикальной четырехкамерной проекции, сфокусированной на ПЖ, что обеспечивает визуализацию боковой силы сжатия ПЖ на протяжении всего сердечного цикла, с синхронизацией ЭКГ для определения начала систолы по интервалу R-R. Пик систолической деформации достигается в момент закрытия аортального клапана. Контрольные точки и область интереса располагаются вдоль латеральной и медиальной поверхности кольца трехстворчатого клапана, а также отслеживается эндокардиальная граница ПЖ, включая трабекулы и сосочковые мышцы. Область интереса определяется полуавтоматически, с возможностью ручной корректировки при необходимости. По возможности следует использовать специализированное программное обеспечение для СТЭ ПЖ, а не пакет анализа деформации ЛЖ.

Глобальная продольная деформация ПЖ относится к средней деформации шести сегментов, включая базальный, медиальный и апикальный сегменты свободной стенки ПЖ и межжелудочковой перегородки. Деформация свободной стенки ПЖ относится к средней деформации трех сегментов свободной стенки ПЖ (базального, медиального и апикального). Каждый сегмент создает цветовую кривую деформации (рис. 5). Пиковая продольная систолическая деформация определяется как максимальное систолическое укорочение, которое происходит при закрытии аортального клапана. Скорость систолического укорочения определяется как скорость систолической деформации. Включение МЖП в 6-сегментные измерения глобальной продольной деформации ПЖ может снизить абсолютные значения деформации по сравнению с 3-сегментными измерениями деформации свободной стенки ПЖ, где исключается вклад сократимости ЛЖ в систолическую функцию ПЖ. Следовательно, более точными и предпочтительным методом является оценка деформации свободной стенки ПЖ.

В рекомендациях по оценке правых камер сердца – 2025 г нормальными значениями для глобальной продольной деформации ПЖ и свободной стенки ПЖ приняты $>20\%$ (абсолютные значения).

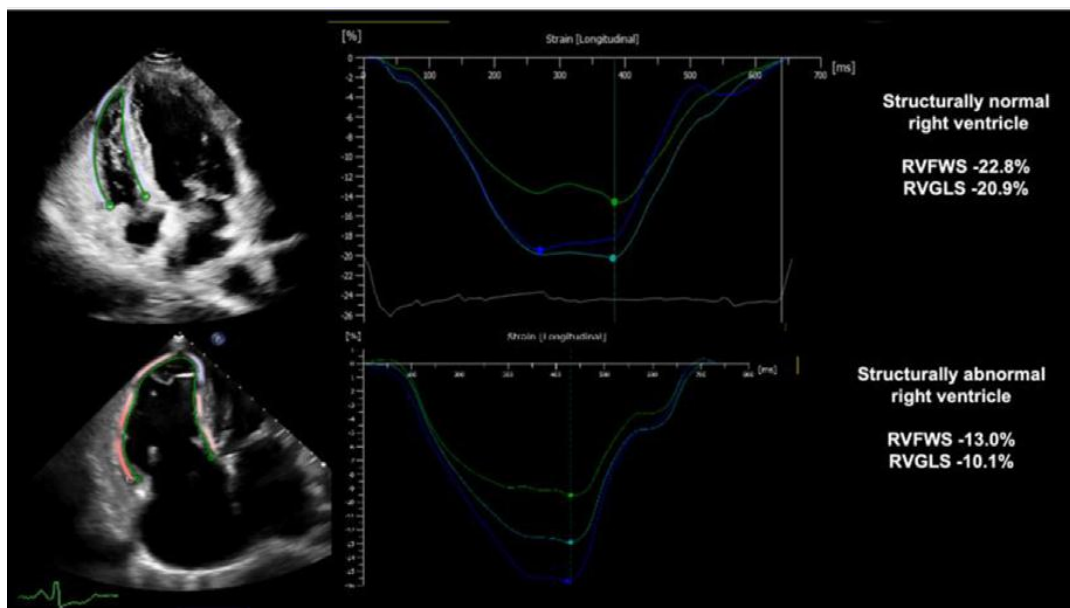


Рисунок 5. Результаты деформации при нормальной систолической функции ПЖ (верхняя панель) и нарушенной систолической функции ПЖ (нижняя панель). RVFWS – деформация свободной стенки ПЖ, RVGLS – глобальная деформация ПЖ [3].

Таким образом, деформация левого и правого желудочков по данным спекл-трекинг эхокардиографии является важным маркером региональной и глобальной функции. Деформация может быть нарушена при нормальных показателях традиционной диагностики, что свидетельствует о субклинической дисфункции левого и правого желудочков.

ГЛАВА 2 ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ

2.1. Терминология и базовые принципы

Эластографию можно рассматривать как «дистанционную пальпацию», которая количественно характеризует биомеханические свойства, связанные с упругой силой восстановления в ткани, действующей против деформации сдвига. Под действием силы более жесткие ткани демонстрируют меньшее осевое смещение и более высокую скорость поперечного смещения – распространения сдвиговой волны. Сила может быть приложена путем нажатия на поверхность тела или вибрации, естественным внутренним физиологическим движением или электронным управлением ультразвуковым преобразователем для создания сфокусированной силы акустического излучения на контролируемой глубине [6].

Эластография сдвиговой волной (SWE– Shear wave elastography) описывает любую методику, которая генерирует сдвиговые волны и измеряет скорость сдвиговой волны. Сдвиговые волны могут быть получены путем приложения механического напряжения извне к телу или путем толчкового импульса ультразвукового луча непосредственно в тело. Эластография сдвиговой волной выступает как инструмент измерения эластичности/жесткости мягких тканей, то есть способности среды изменять свою форму под воздействием механического напряжения. В настоящем издании представлены наиболее изученные и перспективные типы эластографии сдвиговой волной, применяемые для диагностики печени.

2.2. Транзиентная эластография

Вибрационная контролируемая транзиентная эластография (VCTE – Vibration controlled transient elastography; в отечественной литературе – ТЭ) использует внешний механический толчок к коже посредством контролируемой вибрации, которая генерирует сдвиговые волны. Методика реализована в приборе FibroScan (рис. 6).

FibroScan® – количественно и неинвазивно измеряет два параметра:

1) VCTE™ – Vibration Controlled Transient Elastography – вибрационно-контролируемая транзиентная эластография – определение эла-

стичности (жесткости) ткани печени методом эластографии. Метод позволяет количественно оценить фиброз печени в кПа. Используя специализированные шкалы врач может интерпретировать полученное значение в степень фиброза. Общеприняты 4 степени фиброза (F0–F4) в соответствии с международным стандартом шкалой METAVIR, оценивающая тяжесть и степень активности фиброза печени (табл. 1). Шкала создана на результатах биопсии печени.

2) CAP (Controlled Attenuation Parameter) – «параметр контролируемого затухания». Технология определяет жировое перерождение печени путем измерения амплитуды ультразвукового сигнала в дБ/м, позволяет количественно оценить степень стеатоза, разделить по стадиям (S0-S4). Следовательно, чем выше степень стеатоза, тем выше значение CAP. Наиболее эффективен при выявлении минимальной и средней степени тяжести стеатоза при патологии печени любой этиологии, уступая в чувствительности и специфичности в диагностике выраженного стеатоза. Оценка CAP рекомендована в качестве инструмента второй линии для подтверждения стеатоза печени, а также его количественной оценки пациентам с подозрением на НАЖБП при доступности данного метода [7].



Рисунок 6. Транзиентная эластография с Fibroscan™. При формировании отчета на экране отображается эхо-сигнал М-скана, амплитуда однолинейного А-скана, смещение М-режима после контролируемого вибрацией импульсного толчка на поверхность.

Таблица 1. Стадии фиброза по шкале METAVIR

Стадия	Гистологическое описание
F0	Фиброз отсутствует
F1	Начальная стадия фиброза (септы отсутствуют)
F2	Стадия с умеренными нарушениями (единичные септы)
F3	Стадия со значительными нарушениями (наличие септ в отсутствии цирроза)
F4	Цирроз с множественные септами

Достоинствами метода VSTE являются неинвазивность, воспроизводимость, проверенность независимыми исследователями во всем мире, высокая эффективность при циррозе, прогностическая значимость при компенсированном циррозе, быстрота выполнения, возможность проведения исследования у постели больного, отсутствие необходимости визуализировать орган. Ограничение метода VSTE: требуется специальное устройство; нельзя выбрать область интереса; применимость (>95%) ниже, чем сывороточных биомаркеров (ввиду ожирения, асцита, опыт оператора); ложноположительный результат в случае острого гепатита, внепеченочного холестаза, застоя печени, приема пищи и чрезмерного употребления алкоголя [8].

Завершающей стадией большинства диффузных заболеваний печени является развитие цирроза печени вследствие фиброза и трансформации структур печени, подтвержденных гистологическим исследованием. Однако в настоящее время чрескожная биопсия печени в диагностике цирроза печени уже не занимает прежнее ключевое место, она выполняется в единичных случаях по индивидуальным показаниям [10]. В клинической практике возрастает роль неинвазивной ультразвуковой диагностики определения жесткости печени. Наиболее изученным методом выступает ТЭ с установленными пороговыми значениями. В соответствии с Клиническими Рекомендациями – 2025 в алгоритм наблюдения за пациентом с НАЖБП из ультразвуковой эластографии включена только ТЭ с пороговым значением ≥ 8 кПа для диагностики тяжелого фиброза [7]. Диагностический алгоритм, предложенный Всемирной федерацией ультразвука в медицине и биологии, дополнен неинвазивной оценкой портальной гипертензии, являющейся драйвером декомпенсации хронического заболевания печени на тяжелой стадии (табл. 2).

Таблица 2. Интерпретация результатов измерения жесткости печени, полученных с использованием метода VSTE (правило пяти) [9]:

Измерение жесткости методом VSTE	Интерпретация
≤ 5 кПа	Норма
< 10 кПа	Исключает кпХЗП: риск связанного с печенью события незначительный.
≥ 10 до < 15 кПа	Возможный кпХЗП: риск связанного с печенью события возрастает. + уровень тромбоцитов $\geq 150 \times 10^9/\text{л}$ исключает КЗПГ.
≥ 15 до < 20 кПа	Подтверждает кпХЗП: пациенты имеют клинически значимый риск связанного с печенью события. + уровень тромбоцитов $\geq 150 \times 10^9/\text{л}$ исключает варикозное расширение вен высокого риска
≥ 20 до < 25 кПа	кпХЗП с возможностью КЗПГ (“серая зона” для КЗПГ). Модель ANTICIPATE может быть использована для прогнозирования риска развития КЗПГ у пациентов с вирусным гепатитом, алкогольной болезнью печени и связанный с метаболической дисфункцией стеатогепатит без ожирения. Модель ANTICIPATE: значения измерения жесткости печени от 20 до 25 кПа и количество тромбоцитов $< 150 \times 10^9/\text{л}$ или значения измерения жесткости печени от 15 до 20 кПа и количество тромбоцитов $< 110 \times 10^9/\text{л}$ имеют риск КЗПГ не менее 60%.
≥ 25 кПа	Предполагает КЗПГ у пациентов с вирусным гепатитом, алкогольной болезнью печени и связанный с метаболической дисфункцией стеатогепатит без ожирения.

Примечание: кпХЗП – компенсированное прогрессирующее хроническое заболевание печени (F3-F4); КЗПГ – клинически значимая портальная гипертензия

Для корректной интерпретации результатов необходимо исключить факторы, влияющие на значения жесткости (холестаза, недавний прием пищи, портальная гипертензия, амилоидоз, высокий уровень трансаминаз, застойная сердечная недостаточность). Эластография (фиброскан) неинформативна при ИМТ более 30 кг/м^2 и не рекомендуется для диагностики НАЖБП при ожирении, но может быть дополнительным методом исследования для определения наличия и стадии фиброза [11].

В настоящее время перспективным методом неинвазивной оценки клинически значимой портальной гипертензии и стратификации риска варикозных кровотечений у пациентов с циррозом печени служит измерение жесткости селезенки. Жесткость селезенки 40 кПа, измеренная с помощью ТЭ, может указывать на низкий риск варикозных кровотечений [10].

2.3. ARFI-эластография сдвиговой волной

Акустическая радиационная импульсная сдвиговая волновая эластография (ARFI-SWE Acoustic radiation force impulse shear wave elastography) описывает методы, которые используют ARFI для генерации сдвиговых волн в тканях. Акустический радиационный силовой импульс (ARFI – Acoustic radiation force impulse) – это специальный ультразвуковой импульс, который применяет сфокусированную высокую энергию для создания сжатия ткани (деформации) и генерации сдвиговых волн, перпендикулярных толчковому импульсу. ARFI генерирует сдвиговые волны, визуализация в В-режиме отслеживает и измеряет сдвиговые волны [9].

Выделяют точечную pSWE и двумерную 2D-SWE. При pSWE оценка скорости/жесткости сдвиговой волны выполняется в одной точке – point $\sim 1 \text{ см}^3$, в случае 2D-SWE с использованием нескольких линий ARFI для количественных цветных изображений эластичности. Для повышения точности результатов при использовании 2D-SWE в реальном времени необходимо получить однородное и последовательное распределение цветных сигналов эластичности в поле измерения.

Количество измерений зависит от типа эластографии и опыта оператора. Для методов pSWE исследования показали, что корректный результат можно получить, используя медианное значение 5 из-

мерений с межквартильным размахом/медианой (IQR/M) $\leq 30\%$ (кПа), для 2D-SWE достаточно 3-х измерений. Для начинающих врачей рекомендуется выполнить 10 измерений для pSWE и 5 измерений для 2D-SWE с последующим уменьшением по мере повышения квалификации оператора. Для обеспечения наиболее точной и воспроизводимой оценки измерения жесткости печени в обновлении рекомендаций WFUMB 2024 г. предлагается протокол для получения данных [табл. 3].

Таблица 3. Рекомендуемый протокол для получения надежных измерений жесткости печени [9]:

1. Воздержаться от приема пищи в течение 4 часов перед обследованием.
2. Отдых не менее 10 минут перед обследованием.
3. Положение пациента лежа на спине или легкий наклон на левый бок (не более чем на 30°), правое предплечье отведено за голову, рука максимально отведена (на 180° от положения покоя) для расширения межреберного пространства.
4. Измерения проводятся с помощью межреберного доступа в месте с наилучшим акустическим окном.
5. Адекватная визуализация печени в В-режиме без затенения, вызванного легкими или ребрами, является необходимым условием для методов ARFI-SWE, то есть pSWE и 2D-SWE, поскольку сдвиговые волны отслеживаются в В-режиме.
6. Датчик должен располагаться перпендикулярно капсуле печени.
7. Область интереса должна быть параллельна капсуле печени.
8. Измерение следует проводить на расстоянии 15–20 мм ниже капсулы печени, чтобы избежать артефактов реверберации при pSWE.
9. При использовании 2D-SWE размер области интереса должен быть не менее 10 мм.
10. Поле зрения 2D-SWE можно расположить ближе к капсуле печени, если это позволит избежать артефактов реверберации; однако область интереса, то есть измерительное поле, следует расположить на 15–20 мм ниже капсулы печени.
11. В большинстве систем УЗИ максимальный импульс ARFI находится на расстоянии 4–4,5 см от датчика, что является оптимальным местом для получения измерений. В большинстве систем

УЗИ импульс ARFI ослабляется на 6–7 см, что ограничивает адекватную генерацию сдвиговой волны.

12. При размещении областей интереса следует избегать крупных кровеносных сосудов, желчных протоков и опухолей.

13. Измерения следует проводить при нейтральном дыхании во время задержки дыхания.

14. Для VCTE следует выбирать подходящий датчик с учетом телосложения пациента.

15. Измерения следует проводить на независимых изображениях, полученных в одном и том же месте.

16. Для каждого сбора данных с помощью 2D-SWE коэффициент вариации, а именно SD/среднее, должен быть $<0,25$ для значений жесткости от 8,8 до 11,9 кПа и $<0,10$ для жесткости $\geq 12,0$ кПа.

17. Для VCTE необходимо получить 10 измерений.

18. Для pSWE рекомендуется 5–10 измерений.

19. Для 2D-SWE необходимо получить 3–5 измерений.

20. Для всех методов SWE, то есть VCTE и ARFI-SWE, результат должен быть выражен как медианное значение полученных данных вместе с IQR/M.

21. IQR/M следует использовать в качестве меры качества набора данных.

22. Для получения точного набора данных при измерениях в кПа значение IQR/M должно быть $\leq 30\%$, а при измерениях в м/с оно должно быть $\leq 15\%$.

23. Результаты могут быть представлены в м/с или кПа.

Точечная эластография сдвиговой волной (pSWE)

Описание технологии. Данный тип эластографии сдвиговой волной позволяет исследователю получить значение жесткости печени в небольшом участке ее ткани (контрольном объеме) без визуального (цветового) контроля жесткости. Выбор места расположения контрольного объема на участке печени происходит на основании В-режима. В последующем кнопкой активируется импульс, вызывающий деформацию ткани печени по ходу своего движения, что является причиной возникновения сдвиговых волн. Скорость распространения сдвиговых волн измеряется в контрольном объеме. Результат отображается на экране прибора в метрах в секунду (м/с). С использованием формулы расчета модуля Юнга результат дополнительно представляется в килопаскалях (кПа). В отчете результаты формиру-

ются в виде среднего значения и стандартного отклонения. Для корректного результата рекомендуется получить стандартное отклонение $\leq 30\%$ от среднего значения.

Технические аспекты метода pSWE. Контрольный объем размещается в участке печени, свободном от крупных сосудов или желчных протоков, преимущественно в VI, VII или VIII сегментах печени. При уменьшенных размерах печени, например, в случае цирроза печени, исследование проводится в V сегменте печени, не включая в анализ желчный пузырь. При выборе доступа и сегментов необходимо ориентироваться на наименьший разброс данных при измерении. Во время задержки дыхания на середине вдоха выполняется 10 измерений, из которых программа создает результат в виде медианы. Соотношение «интерквартильный размах/медиана» должно быть $\leq 30\%$.

Преимущества и недостатки метода pSWE. Преимущества: может выполняться в сочетании с обычным УЗИ, если устройство оснащено адекватным программным обеспечением; область интереса меньше, чем VSTE, и местоположение выбирается оператором; более высокая применимость, чем VSTE (асцит и ожирение); эффективность, эквивалентная производительности VSTE при прогрессирующем фиброзе и циррозе; прогностическое значение при циррозе; высокая применимость для измерения жесткости селезенки. Ограничения: ложноположительный результат при остром гепатите, внепеченочном холестазе, застое в печени, приеме пищи и чрезмерном употреблении алкоголя [8].

Двумерная эластография сдвиговой волной в режиме реального времени (2D-SWE)

Описание технологии. Данный тип ультразвуковой эластографии предоставляет значения жесткости в обширном районе интереса (цветовом эластографическом окне), в котором различные значения кодируются разными цветами. Цветовая шкала позволяет интерпретировать цветовую картину, кодирующую соответствие значений жесткости определенным цветам. Дополнительно формируется карта качества с указанием участков ткани печени в рамках цветового окна с недостаточным распространением сдвиговых волн, что приведет к недостоверным результатам ввиду значительной вариабельности полученных значений. Измерение жесткости выполняется путем размещения в цветовом окне контрольного объема, как и в случае pSWE. В отличие от pSWE положение контрольного объема определяется не

только под контролем В-режима, но и под цветовым эластографическим контролем. Для выбора расположения контрольного объема используется карта качества. Определяется участок проведения измерения, где соотношение сигнал–шум наиболее высокое, свидетельствующее о максимальной интенсивности сдвиговых волн.

Технические аспекты метода 2D-SWE. Оценка жесткости проводится в VII или VIII сегментах печени. После установки цветового эластографического окна пациенту рекомендуется задержать дыхание на середине вдоха. В течение нескольких секунд стабилизируется цветовое кодирование, после чего необходимо зафиксировать изображение (freeze). На полученном изображении оценивается карта качества исследования, где цветовым кодированием представлено распространение сдвиговых волн. Для измерения выбираются участки с наиболее корректным распространением волн. Контрольный объем устанавливается в области цветового окна, и проводятся как минимум 3 измерения жесткости.

Преимущества и недостатки метода 2D-SWE. Преимущества: может выполняться в сочетании с обычным УЗИ, если устройство оснащено соответствующим программным обеспечением; большая область интереса, которую можно регулировать по размеру и местоположению, выбранному оператором; измеряет жесткость печени в режиме реального времени; хорошая применимость; высокая эффективность для диагностики значительного фиброза и цирроза; прогностическое значение при компенсированном циррозе. Ограничение: ложноположительный результат при остром гепатите, внепеченочном холестазае, застое в печени, приеме пищи и чрезмерном употреблении алкоголя [8].

В последних клинических рекомендациях Американской гастроэнтерологической ассоциации предлагается, наблюдение с помощью серийных измерений жесткости пациентов с НАЖБП и предполагающим прогрессирующим фиброзом печени или циррозом [12]. Ежегодное повторение измерения жесткости печени рекомендуется пациентам с компенсированным хроническим заболеванием печени, которые представляют основную группу риска развития клинически значимой портальной гипертензии или декомпенсации.

Для диагностики фиброза при алкогольной болезни печени pSWE и 2D-SWE могут использоваться в диагностических целях у пациентов с алкогольной болезнью печени, поскольку их точность

сопоставима с точностью VCTE. При отсутствии проверенных пороговых значений можно рассмотреть «правило 4».

Таблица 6. Интерпретация результатов измерения жесткости печени, полученных методом ARFI-SWE (правило четырех) [9]:

Измерение жесткости методом ARFI-SWE	Интерпретация
≤5 кПа (1,3 м/с)	Высокая вероятность нормы
<9 кПа (1,7 м/с)	При отсутствии других известных клинических признаков исключает кпХЗП. Если есть известные клинические признаки, для подтверждения могут потребоваться дополнительные исследования. 9–13 кПа (1,7–2,1 м/с) предполагает кпХЗП, но для подтверждения необходимы дополнительные исследования.
>13 кПа (2,1 м/с)	Наличие кпХЗП
>17 кПа (2,4 м/с)	Предполагает наличие КЗПГ
>21 кПа (2,6 м/с)	Высокая вероятность КЗПГ

Примечание: кпХЗП – компенсированное прогрессирующее хроническое заболевание печени (F3-F4); КЗПГ – клинически значимая портальная гипертензия

Следует отметить, что в последних согласительных документах происходит пересмотр постановки стадий фиброза печени по шкале METAVIR. В Клинических рекомендациях – 2025 «Цирроз и фиброз печени» включены данные Консенсуса Baveno VII, следовательно, рекомендуется применять в клинической практике «правило четырех» для точечной и двумерной эластографии сдвиговой волной и «правило пяти» для транзистной эластографии.

Измерение жесткости ткани печени посредством методик сдвиговой волны, которыми оснащены современные ультразвуковые аппараты, сопоставимо по своей точности с ТЭ, однако данные по пациентам с НАЖБП ограничены [7]. Вместе с тем, действующие отечественные и зарубежные согласительные документы рекомендуют пациентам с НАЖБП для оценки жесткости печени применять эластометрию печени в рамках ультразвукового исследования при недоступности ТЭ.

Технология эластографии получила широкое применение при ультразвуковой диагностике не только печени, но и щитовидной и

молочной железы [13]. Данный метод служит дополнительным методом для оценки жесткости паренхимы почечного трансплантата и ранней диагностики дисфункции почечного аллографта [14].

В настоящее время не разработано неинвазивных методов диагностики стеатогепатита (воспаления), биопсия печени служит золотым стандартом [7]. Предложенная японскими исследователями принципиально новая методика дисперсии сдвиговой волны расширяет возможности эластографии печени. Здесь показатели эластометрии (SWE) и дисперсии сдвиговой волны (SWD) рассчитываются одновременно (рис. 8 А), используются 13 показателей. Индекс затухания ультразвуковой волны (АТI) измеряется в отдельном режиме (рис. 8 В), рассчитывается на основе 5 измерений [15]. Результаты измерений представлены в отчете в виде цветовой шкалы, где в норме значения находятся в пределах «зеленой зоны» (рис. 8 С), при патологии в пределах «красной зоны» (рис. 8 D). Методика активно изучается и представляется многообещающим инструментом выявления стеатогепатита.

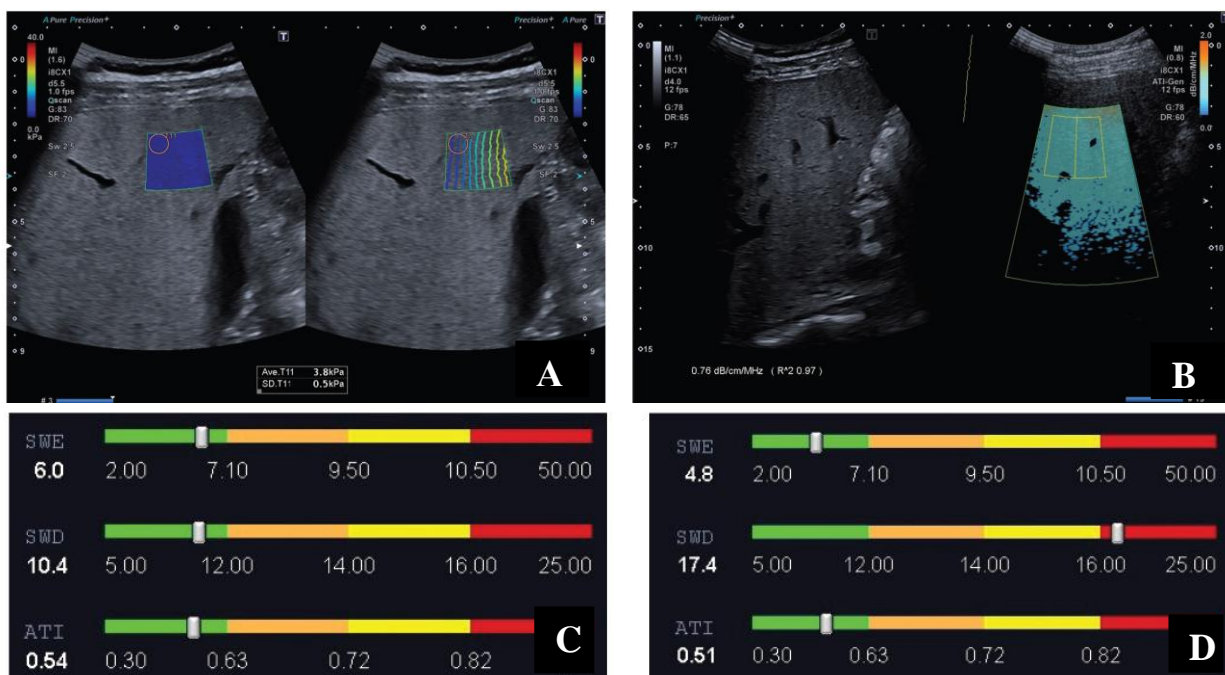


Рисунок 8. Иллюстрация из публикации Зубарева А.В. и др. 2022 [15].

2.4. Факторы, влияющие на результаты двумерной эластографии сдвиговой волной

Воспаление печени, застойная сердечная недостаточность, внутрипеченочный холестаз, прием пищи и ожирение являются факторами, влияющие на результаты двумерной эластографии сдвиговой волной, увеличивая риск ложно завышенных результатов.

К увеличению жесткости печени по результатам эластографии приводит как внутрипеченочное воспаление, так и фиброз, и не во всех случаях возможно однозначно разделить вклад каждого из них. Следовательно, рекомендуется интерпретация результатов эластографии совместно с клиническими и лабораторными данными. Пороговые значения жесткости печени для определения стадии фиброза зависят от этиологии заболевания печени, поэтому в клинических рекомендациях представлены пороговые значения для заболеваний печени различной этиологии.

Проблема межвендорных отличий референсных значений до сих пор не решена. Пороговые значения для стадии фиброза не являются взаимозаменяемыми между разными производителями (табл. 5). Для истинной оценки динамики рекомендуется проводить повторные измерения жесткости печени на одном ультразвуковом приборе, с обязательным внесением в протокол наименования ультразвукового прибора.

Таблица 5. Показатели эластографии печени сдвиговой волны для шкалы METAVIR в зависимости от производителя

Стадии фиброза METAVIR	Пороговое значение, кПа			
	Fibroscan	Phillips	Canon	Mindray
0	2,5 – 7,1		<7,1	<7,2
1				
2	7,2 – 9,4	>6,43	7,1 – 9,5	7,2 – 9,4
3	9,5 – 12,4	>9,54	9,5 – 10,5	9,4 – 11,1
4	>12,5	≥11,34	>10,5	>11,1

2.5. Пример протокола исследования печени эластографией сдвиговой волной

Протокол эластометрии печени сдвиговой волной

Дата и время исследования:

Ф.И.О., пол, дата рождения пациента:

Номер медицинской карты:

Исследование печени проводилось с помощью эластографии сдвиговой волной (2D ЭСВ) на ультразвуковом приборе экспертного класса Canon Aplio i800 с использованием конвексного датчика, работающего в диапазоне: с частотой i8CX1 МГц.

Эластометрия сдвиговой волной (SWE) – фибросканирование печени.

Измерения проведены в V, VII/VIII сегментах печени

Количество измерений, пригодных для оценки жесткости печени:

Средний показатель SWE – _____ кПа.

Референсные значения SWE: F0–F1 < 7,1 кПа; F2 = 7,2–9,49 кПа; F3 = 9,5–10,49 кПа; F4 > 10,5

Отношение интерквартильного размаха к медиане (IQR/Med) (рассчитывается автоматически) составило _____, что говорит о приемлемом или неприемлемом (выбрать) качестве полученных данных (IQR/Med – соотношение «интерквартильный размах/медиана», должно быть $\leq 30\%$)

Дисперсия сдвиговой волны (SWD) - показатель активности воспалительного процесса

Средний показатель дисперсии (SWD) – _____ (cm/s)/kHz
(SD $\pm 0,28$ (cm/s)/kHz)

Референсные значения SWD: A1 < 12,0; A2 = 12,1–13,99; A3 = 14,0–15,9; A4 > 16,0

Коэффициент затухания (ATI) – показатель степени жировой инфильтрации. В расчет ATI включены 5 независимых измерений

Средний показатель ATI – _____ dB/cm/MHz.

Референсные значения ATI: S0 < 0,63; S1 = 0,64–0,71; S2 = 0,72–0,8; S3 > 0,81

Сопутствующие факторы, снижающие достоверность исследования (дыхание, движения, асцит, узкие межреберные промежутки): да/ нет.

Референсные значения предоставлены компанией Canon RP Medical Systems

Заключение: По результатам мультипараметрического (SWE, SWD, ATI) УЗИ печени средняя жесткость ткани оставляет

_____ кПа , что соответствует стадии фиброза по шкале METAVIR F0–F4 (отсутствие фиброза/начальные проявления/умеренно выраженный фиброз/цирротические изменения) Средний показатель дисперсии сдвиговой волны равен _____ (cm/s)/kHz , что соответствует стадии A1–A4 (отсутствие воспаления/начальные проявления воспаления/умеренно выраженный воспалительный процесс/высокая вероятность наличия активного воспалительного процесса).

Коэффициент затухания в паренхиме печени равен _____ dB/cm/MHz, что соответствует S0–S3 степени жировой инфильтрации (отсутствует/начальные проявления/умеренно выраженная/значимая). При условии отсутствия сопутствующих факторов, повышающих жесткость печени

ГЛАВА 3 КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

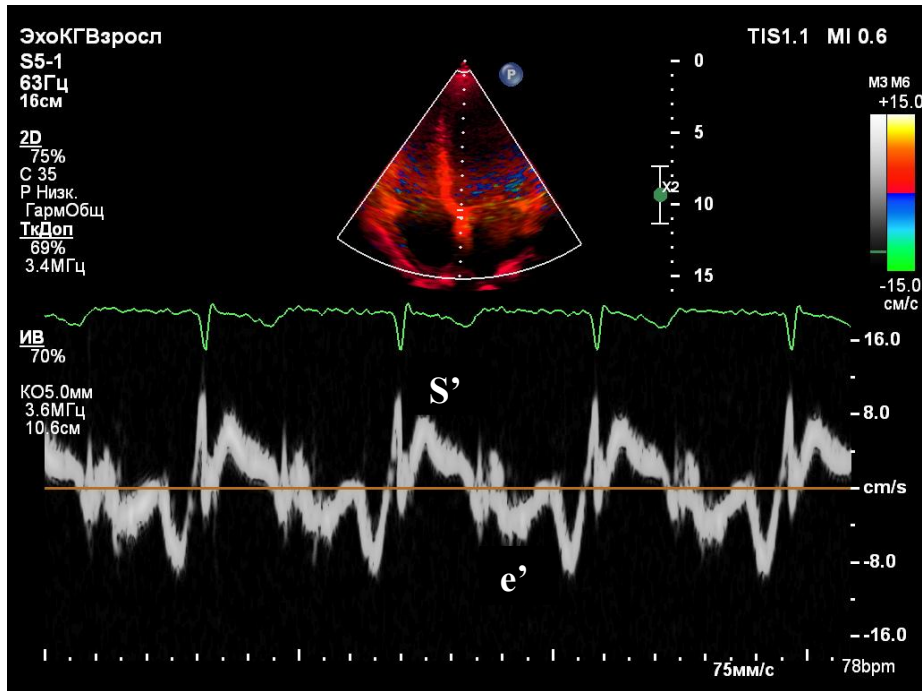


Рисунок 9. Систолическая (S') и диастолическая (e') скорость движения септальной части левого фиброзного кольца в режиме TDI PW.

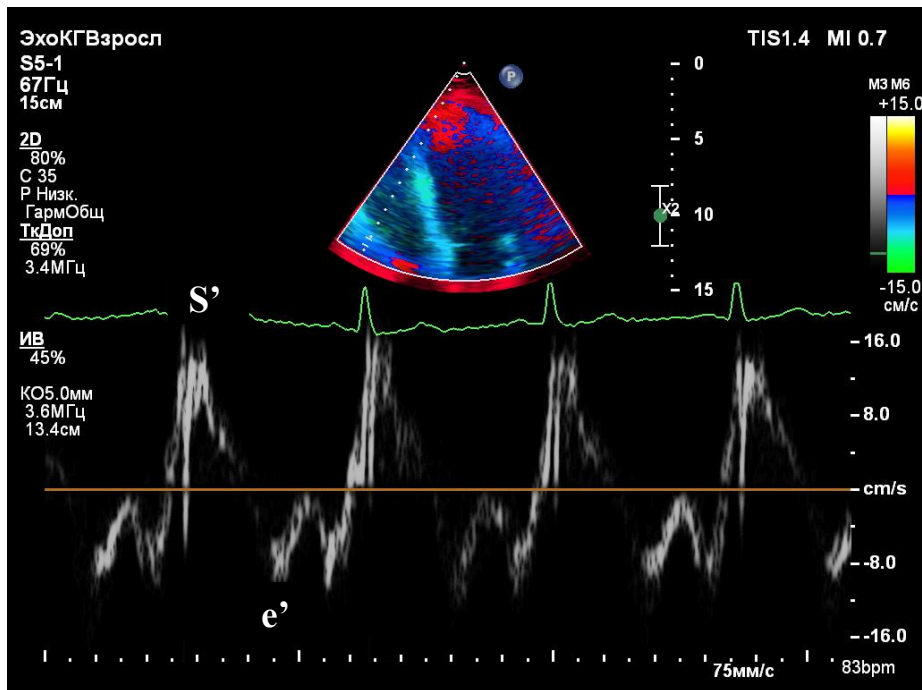


Рисунок 10. TDI у пациента с сохраненной систолической и диастолической функцией правого желудочка. Систолическая (S') и диастолическая (e') скорость движения латеральной части правого фиброзного кольца.

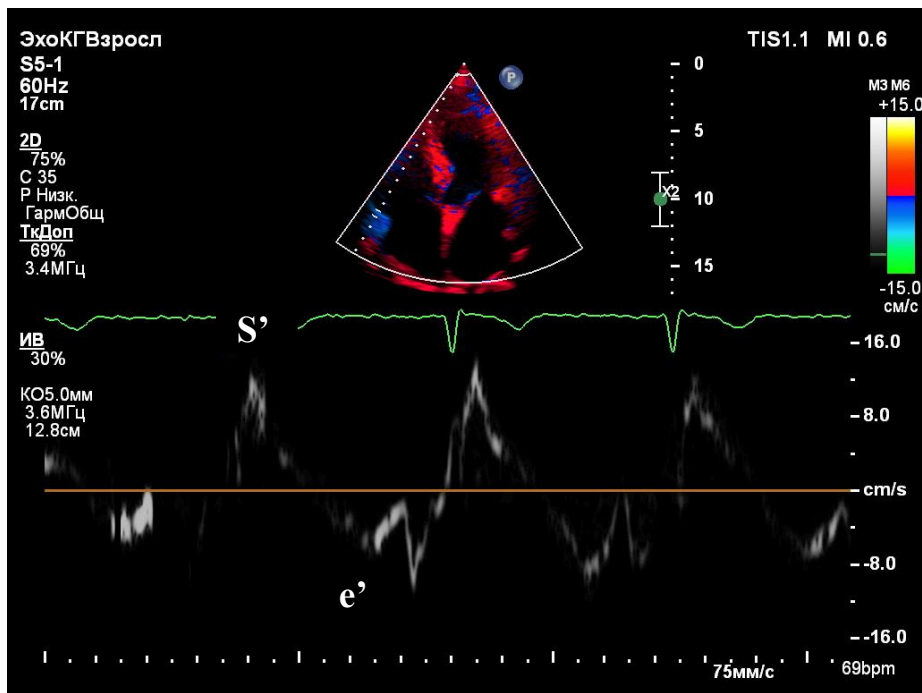


Рисунок 11. TDI у пациента с сохраненной систолической функцией правого желудочка и диастолической дисфункцией правого желудочка. Систолическая (S') и диастолическая (e') скорость движения латеральной части правого фиброзного кольца в режиме TDI PW.

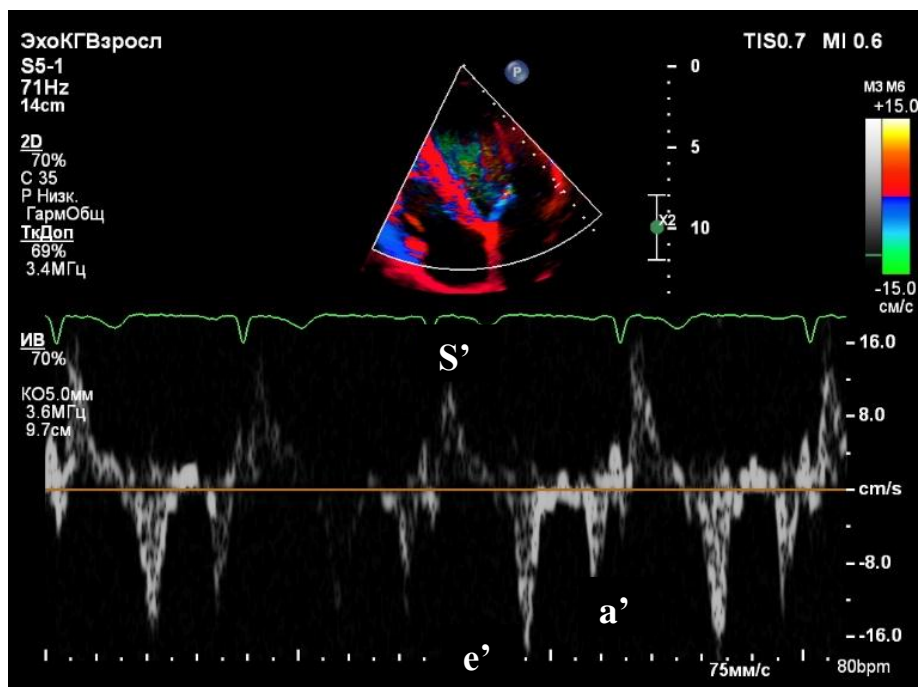


Рисунок 12. TDI у пациента с сохраненной систолической и диастолической функцией левого желудочка. Систолическая (S') и диастолическая (e') скорость движения латеральной части левого фиброзного кольца в режиме TDI PW.

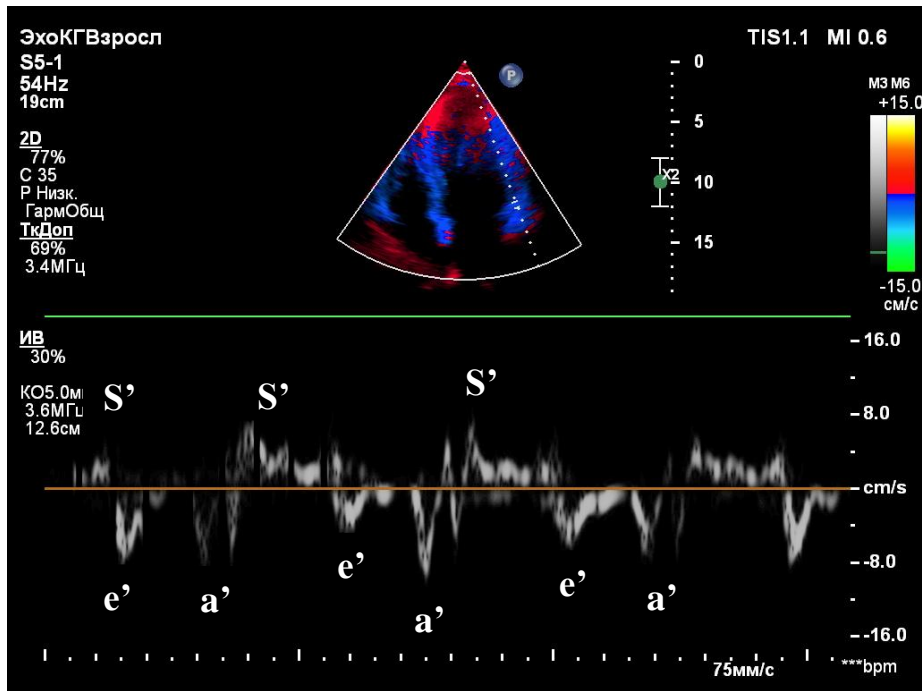


Рисунок 13. TDI у пациента с систолической и диастолической дисфункцией левого желудочка. Систолическая (S') и диастолическая (e') скорость движения латеральной части левого фиброзного кольца в режиме TDI PW.

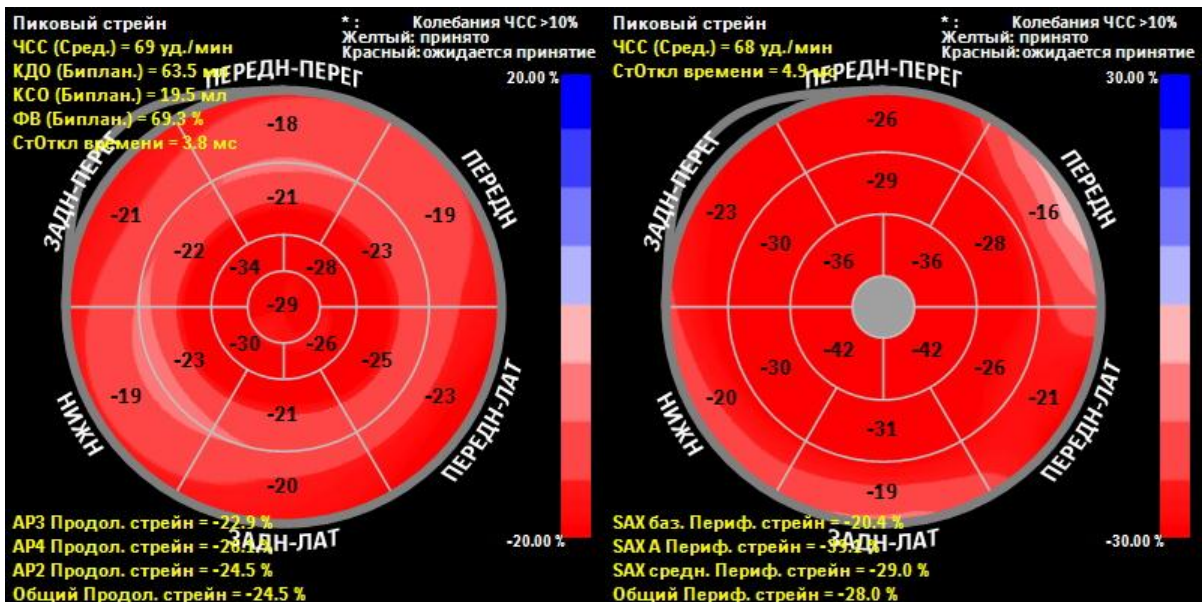


Рисунок 14. Диаграмма «бычий глаз» с нормальными значениями глобальной и сегментарной продольной (слева) и циркулярной (справа) деформаций.

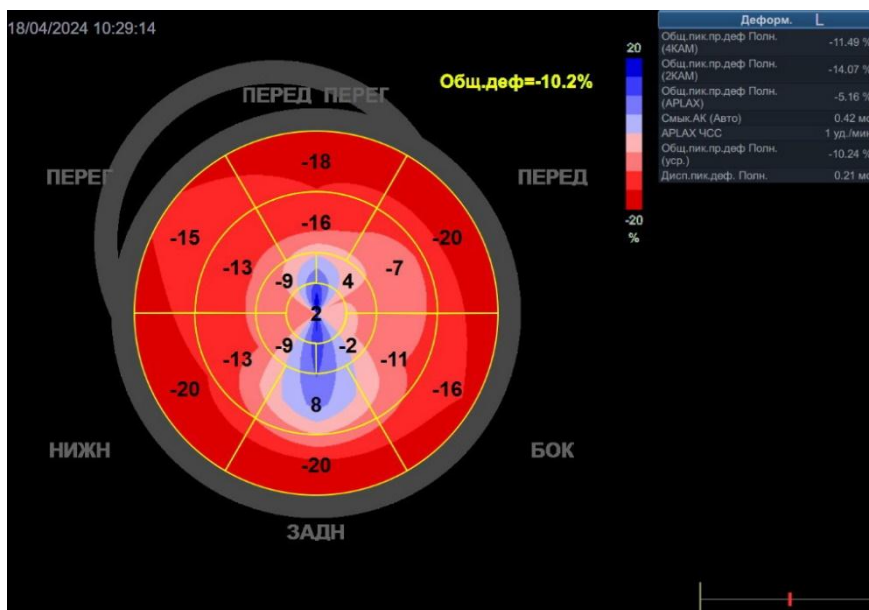


Рисунок 15. Диаграмма «бычий глаз» у пациента с апикальной формой гипертрофической кардиомиопатии. Значительное снижение показателей сегментарной глобальной деформации в области верхушки при нормальных значениях базальных сегментов левого желудочка. Снижение глобальной продольной деформации.

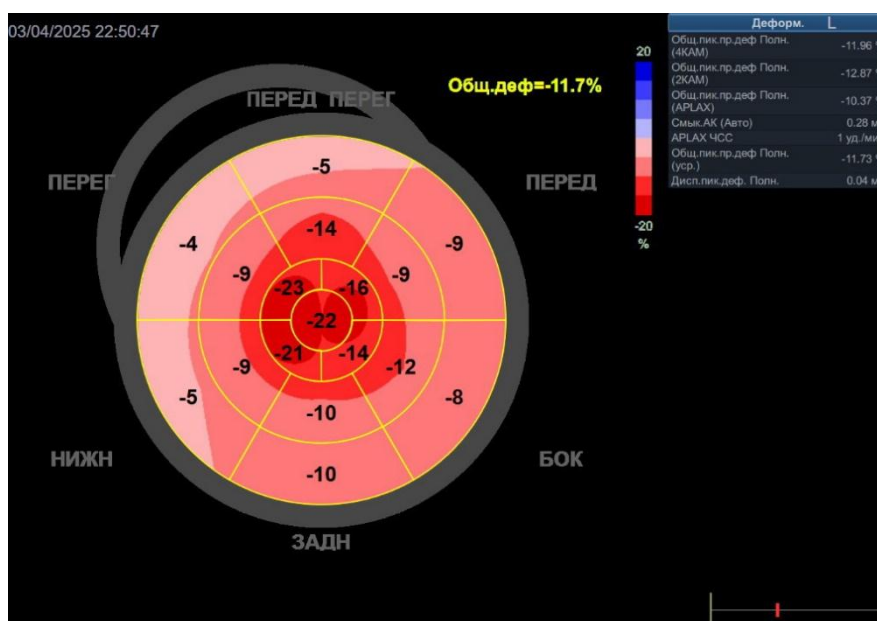


Рисунок 16. Диаграмма «бычий глаз» у пациента с амилоидозом сердца. Значительное снижение показателей сегментарной продольной деформации в области базальных сегментов при сохранении значений деформации апикальных сегментов левого желудочка. Снижение глобальной продольной деформации.

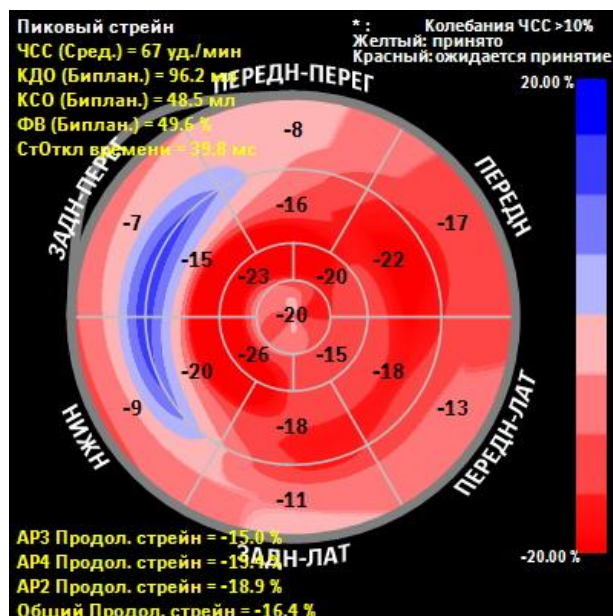


Рисунок 17. Диаграмма «бычий глаз» с выраженным снижением показателей сегментарной продольной деформации в бассейне правой коронарной артерии (синий цвет), умеренным снижением показателей глобальной продольной деформаций у пациента на 5-й день острого инфаркта миокарда нижней стенки, перенесшего чрескожное коронарное вмешательство.

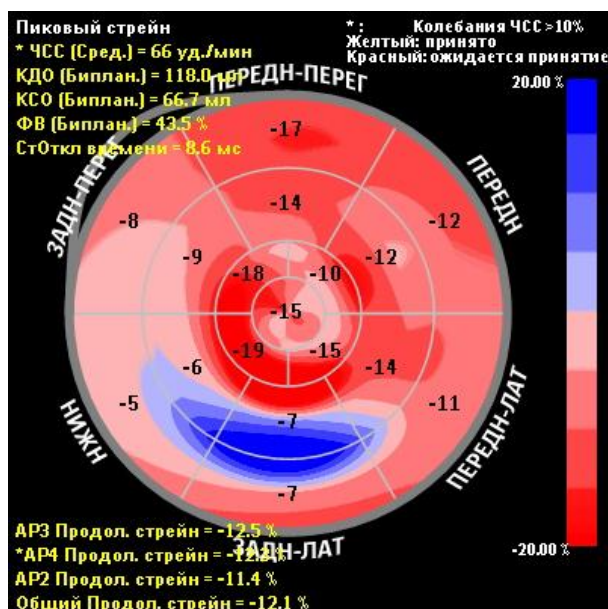


Рисунок 18. Диаграмма «бычий глаз» с выраженным снижением показателей сегментарной продольной деформации в бассейне огибающей артерии (синий цвет), показателей глобальной продольной деформаций у пациента на 5-й день острого инфаркта миокарда нижнебоковой стенки, перенесшего чрескожное коронарное вмешательство.

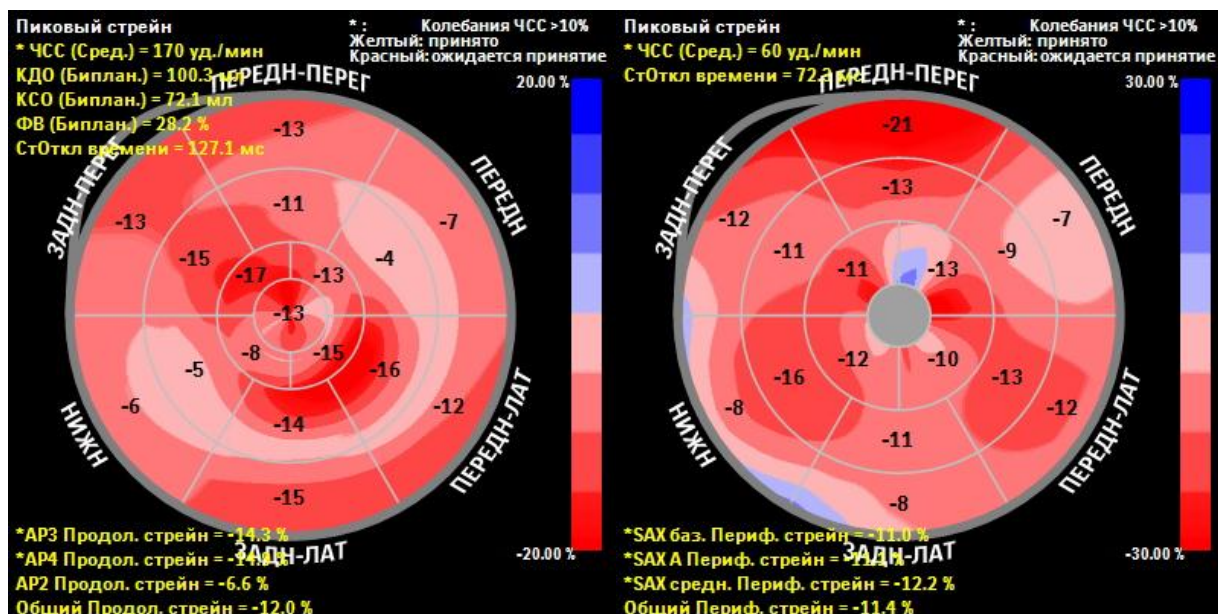


Рисунок 19. Диаграмма «бычий глаз» с значительным снижением показателей глобальной и сегментарной продольной (слева) и циркулярной (справа) деформаций у пациента с перенесенными инфарктами миокарда трех коронарных артерий и повторных чрескожных коронарных вмешательствах.

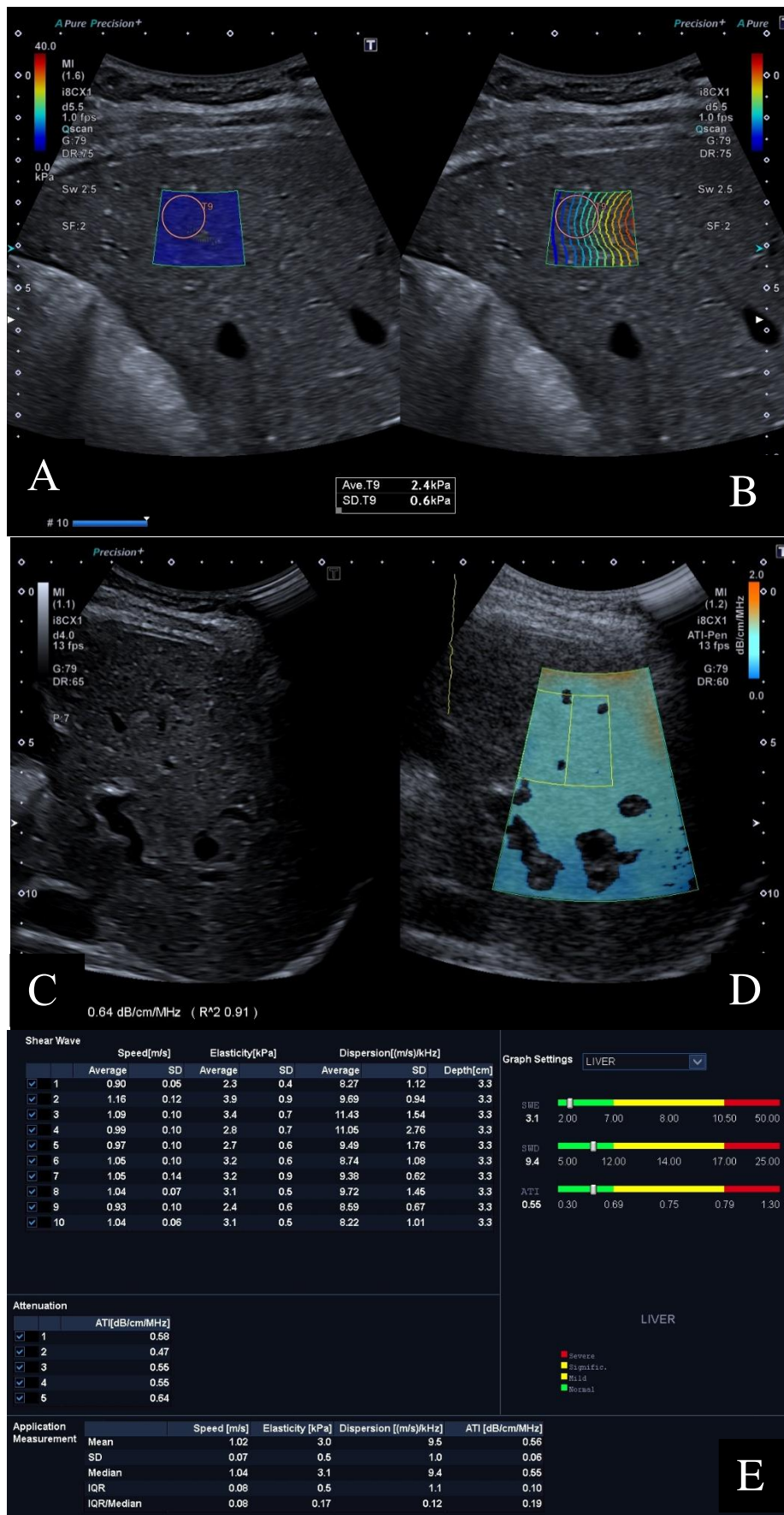


Рисунок 20. Эластометрия печени. А. Карта жесткости; В. Карта распространения сдвиговых волн; С. Серошкальное изображение; D. Коэффициент затухания; E. Отчет с результатами измерений жесткости печени, эластометрической дисперсии, степени жировой инфильтрации (показатели в зелёной зоне – норма).

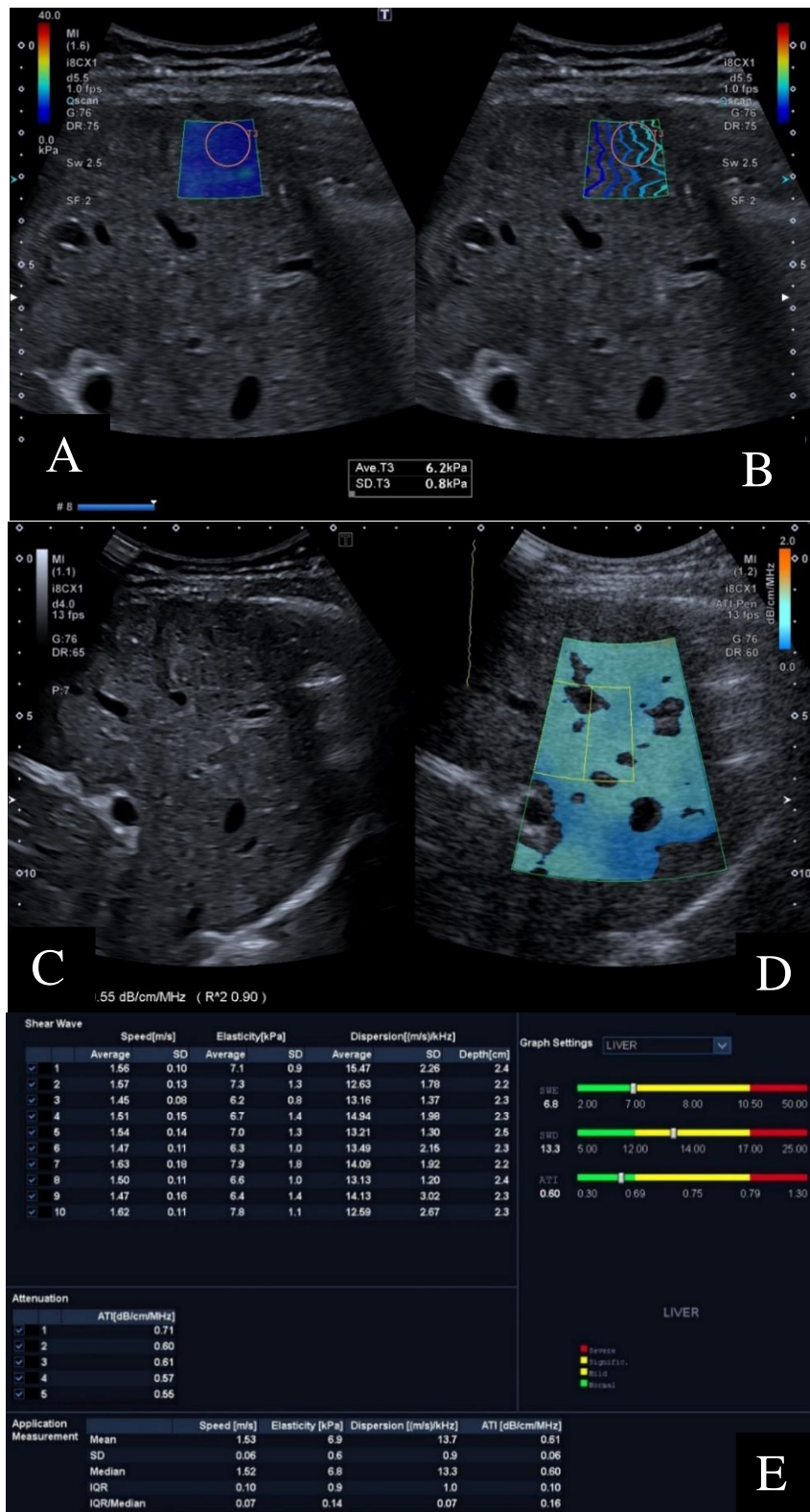


Рисунок 21. Эластометрия печени у пациента с аутоиммунным гепатитом. А. Карта жесткости; В. Карта распространения сдвиговых волн; С. Серошкальное изображение; D. Коэффициент затухания; E. Отчет с результатами измерений жесткости печени, эластометрической дисперсии, степени жировой инфильтрации (показатели в зелёной зоне – норма, в желтой зоне – умеренное изменение).

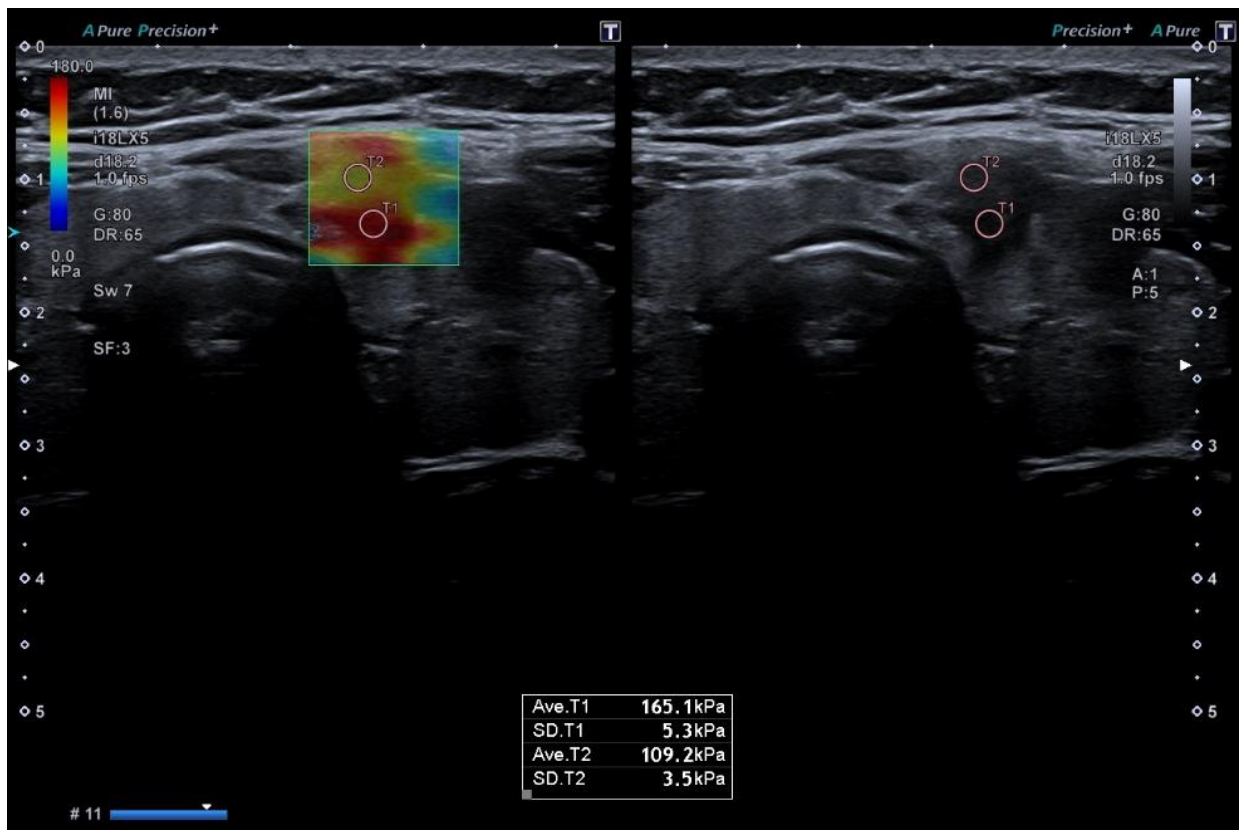


Рисунок 22. 2D – эластография сдвиговой волной злокачественного образования щитовидной железы. Картирование узлового образования неоднородное, преимущественно с красными оттенками, соответствующим жёстким тканям. Максимальное значение жесткости составило 165 кПа, что значительно превышает пороговое значение. Гистологический диагноз – папиллярная карцинома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные ультразвуковые технологии расширяют возможности ультразвуковой диагностики в практическом здравоохранении. Применение новых ультразвуковых режимов повышает точность и эффективность диагностики, позволяя выявить субклиническую дисфункцию. На основе современных ультразвуковых режимов и методик разрабатываются новые диагностические критерии, возрастает диагностическая и прогностическая значимость параметров при различных патологических состояниях. При освоении новых технологий врач ультразвуковой диагностики повышает профессиональную компетентность, приобретает новый дополнительный инструмент объективизации результатов исследования в рутинной практике, а также возможность научно-исследовательской деятельности.

ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ

Выберите один правильный ответ

1. Импульсно-волновой режим тканевого доплера оценивает:
 - а) систолическую функцию левого желудочка
 - б) систолическую функцию правого желудочка
 - в) диастолическую функцию обоих желудочков
 - г) систолическую и диастолическую функцию обоих желудочков

2. Какой показатель тканевого доплера позволяет оценить систолическую функцию правого желудочка?
 - а) пик E транстрикуспидального потока
 - б) латеральный S' левого фиброзного кольца
 - в) латеральный S' правого фиброзного кольца**
 - г) латеральный e' правого фиброзного кольца

3. Какие из перечисленных эхокардиографических параметров входят в диагностический алгоритм диастолической дисфункции левого желудочка?
 - а) пик A транстрикуспидального потока, септальный и латеральный S'
 - б) пик A трансмитрального потока, септальный и латеральный e'
 - в) пик E транстрикуспидального потока, септальный и латеральный e'
 - г) пик E трансмитрального потока, септальный и латеральный S'
 - д) пик E трансмитрального потока, септальный и латеральный e'

4. Спекл-трекинг технология оценивает:
 - а) продольную деформацию левого желудочка
 - б) циркулярную деформацию левого желудочка
 - в) сегментарную деформацию левого желудочка
 - г) верно все

5. Нормальное значение глобальной продольной деформации левого желудочка согласно Рекомендациям 2015 г:
 - а) более +20%
 - б) менее -20%**
 - в) более -50%
 - г) менее +50%

6. 2D – эластография сдвиговой волной позволяет количественно оценить:

- а) плотность ткани
- б) вязкость ткани**
- в) эхогенность ткани
- г) жесткость ткани

7. В каких сегментах печени наиболее корректное проведение ультразвуковой эластографии:

- а) II, IV, V
- б) V, VI
- в) VI, VII, VIII**
- г) во всех сегментах

8. К факторам, влияющим на результаты ультразвуковой эластографии, относят:

- а) прием пищи
- б) интенсивные физические упражнения перед исследованием
- в) застойная сердечная недостаточность
- г) ожирение
- д) все перечисленное**

9. Какой ультразвуковой метод позволяет оценить воспаление печени:

- а) эластография сдвиговой волной
- б) дисперсия сдвиговой волной**
- в) компрессионная эластография
- г) фиброскан

10. В соответствии с рекомендациями WFUMB 2024 г. «правило четырех» интерпретирует результаты измерения жесткости печени с использованием метода:

- а) транзиентная эластография
- б) дисперсия сдвиговой волной
- в) точечная и двумерная эластография сдвиговой волной**
- г) компрессионная эластография

ОТВЕТЫ

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	Г	В	Д	Г	Б	Г	В	Д	Б	В

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / Lang R. M., Badano L. P., Mor-Avi V. [et al.] // Journal of the American Society of Echocardiography. – 2015. – Vol. 28, Issue 1. – P. 1–39.e14. – DOI 10.1016/j.echo.2014.10.003.
2. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P. [et al.] // Journal of the American Society of Echocardiography. – 2016. – Vol. 29, Issue 4. – P. 277–314. – DOI 10.1016/j.echo.2016.01.011.
3. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults and Special Considerations in Pulmonary Hypertension: Recommendations from the American Society of Echocardiography / Mukherjee M., Rudski L.G., Addetia K. [et al.] // Journal of the American Society of Echocardiography. – 2025. – Vol. 38, Issue 3. – P. 141–186. – DOI 10.1016/j.echo.2025.01.006.
4. Speckle-tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function / Mondillo S., Galderisi M., Mele D. [et al.] // Journal of Ultrasound in Medicine. – 2011. – Vol. 30, Issue 1. – P. 71–83. – DOI 10.7863/jum.2011.30.1.71.
5. Variability and Reproducibility of Segmental Longitudinal Strain Measurement: A Report From the EACVI-ASE Strain Standardization Task Force / Mirea O., Pagourelias E.D., Duchenne J. [et al.] // JACC: Cardiovascular Imaging. – 2018. – Vol. 11, Issue 1. – P. 15–24. – DOI 10.1016/j.jcmg.2017.01.027.
6. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version) / Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A. [et al.] // Ultraschall in der Medizin. – 2017. – Vol. 38, Issue 4. – P. e16-e47. – DOI 10.1055/s-0043-103952.
7. Клинические рекомендации Российского общества по изучению печени, Российской гастроэнтерологической ассоциации, Российского общества профилактики неинфекционных заболеваний, Российской ассоциации эндокринологов, Российского научного медицин-

ского общества терапевтов, Национального общества профилактической кардиологии, Российской ассоциации геронтологов и гериатров по неалкогольной жировой болезни печени / В. Т. Ивашкин, О. М. Драпкина, М. В. Маевская [и др.] // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2025. – Т. 35, № 1. – С. 94–152. – DOI 10.22416/1382-4376-2025-35-1-94-152.

8. EASL Clinical Practice Guidelines on non-invasive tests for evaluation of liver disease severity and prognosis – 2021 update / European Association for the Study of the Liver // Journal of Hepatology. – 2021. – Vol. 75, Issue 3. – P. 659–689. – DOI 10.1016/j.jhep.2021.05.025.

9. WFUMB Guideline/Guidance on Liver Multiparametric Ultrasound: Part 1. Update to 2018 Guidelines on Liver Ultrasound Elastography / Ferraioli G., Barr R.G., Berzigotti A. [et al.] // Ultrasound in Medicine & Biology. – 2024. – Vol. 50, Issue 8. – P. 1071–1087. – DOI 10.1016/j.ultrasmedbio.2024.03.013.

10. Цирроз и фиброз печени: Клинические рекомендации / разработчики: Российская гастроэнтерологическая ассоциация, Общероссийская общественная организация «Российское научное медицинское общество терапевтов», Российское общество по изучению печени, Межрегиональная общественная организация «Научное сообщество по содействию клиническому изучению микробиома человека», Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний; одобрено Научно-практическим советом Минздрава России. Год утверждения: 2025. – Текст: электронный // MedElement: Профессиональная медицинская справочная система: Электронная база стандартов диагностики и лечения: клинические протоколы, клинические рекомендации, клинические руководства. – URL: <https://diseases.medelement.com/disease/цирроз-и-фиброз-печени-кп-рф-2025/18919> (дата обращения: 01.09.2025).

11. Междисциплинарные клинические рекомендации «Лечение ожирения и коморбидных заболеваний» / И. И. Дедов, М. В. Шестакова, Г. А. Мельниченко [и др.] // Ожирение и метаболизм. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 5–99. – DOI 10.14341/omet12714.

12. AGA Clinical Practice Update on the Role of Noninvasive Biomarkers in the Evaluation and Management of Nonalcoholic Fatty Liver Disease: Expert Review / Wattacheril J. J., Abdelmalek M. F., Lim J. K., Sanyal A.

J. // *Gastroenterology*. – 2023. – Vol. 165, Issue 4. – P. 1080–1088. – DOI 10.1053/j.gastro.2023.06.013.

13. Эластография сдвиговых волн. Анализ клинических примеров: практическое руководство для последипломной профессиональной переподготовки врачей: учебное пособие для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы высшего образования по специальности 31.08.11 «Ультразвуковая диагностика» (уровень ординатуры) / [А. В. Борсуков и др.]; под ред. А. В. Борсукова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Специальное изд-во мед. кн., 2022. – 468 с.

14. Мухаметдинова Л. М. Значимость ультразвукового исследования почечного аллогraftа / Л. М. Мухаметдинова, М. Г. Тухбатуллин, Е. Е. Фомина // *Acta Medica Eurasica*. – 2024. – № 2. – С. 27–33. – DOI 10.47026/2413-4864-2024-2-27-33.

15. Новые ультразвуковые технологии: дисперсия и эластография сдвиговой волны в диагностике постковидных повреждений печени / А. В. Зубарев, В. Е. Гажонова, Е. В. Гусакова [и др.] // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. – 2022. – № 1. – С. 16–20. – DOI 10.26269/4qvs-nz51.

Е.В. Власова, Э.Г. Акрамова, Ф.Т. Хамзина, Е.П. Капустина

СОВРЕМЕННЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Учебное пособие для врачей

ISBN 978-5-908126-06-9



Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного электронного оригинал-макета

Подписано в печать 29.01.2026 г.
Формат 60x84¹/₁₆. Печатных листов 2,75.
Бумага офсетная, тираж 100. Заказ Ж-11.

Отпечатано в



г. Казань, ул. Муштары, 11, тел. 8-962-559-56-48.

E-mail: meddok2005@mail.ru