

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-2022-4-10-22>

Двумерная эластография сдвиговой волной в оценке наличия и степени выраженности фиброза печени в сравнении с данными транзистентной эластографии

О.М. Процык¹, С.Л. Швырев², М.Д. Митькова³, В.В. Капустин⁴

¹ КГБУЗ “Консультативно-диагностический центр” Министерства здравоохранения Хабаровского края “Вивея”, г. Хабаровск

² ФГБУ “Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

³ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

⁴ ФГБОУ ВО “Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Цель: сравнение пороговых значений жесткости в определении наличия и степени выраженности фиброза печени при двумерной эластографии сдвиговой волной с имеющимися в литературе результатами при использовании оборудования одного производителя.

Материал и методы: в исследование были включены 54 женщины и 48 мужчин в возрасте от 22 до 86 лет (медиана – 56 лет). Всем пациентам в ходе планового динамического наблюдения при наличии различных хронических заболеваний печени были проведены транзистентная эласто-

О.М. Процык – к.м.н., заведующая отделением ультразвуковой диагностики КГБУЗ “Консультативно-диагностический центр” Министерства здравоохранения Хабаровского края “Вивея”, г. Хабаровск. <https://orcid.org/0009-0008-3028-3079>

С.Л. Швырев – к.м.н., заместитель руководителя Регламентной службы Федерального реестра нормативно-справочной информации ФГБУ “Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. <https://orcid.org/0009-0004-9093-6765>

М.Д. Митькова – к.м.н., доцент, доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3870-6522>

В.В. Капустин – д.м.н., доцент, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3771-1354>

Контактная информация: Процык Оксана Михайловна. E-mail: protsyk.ok@yandex.ru

графия (FibroScan, Echosens, Франция) и двумерная эластография сдвиговой волной (Aplio 500, Canon Medical Systems, Япония). Сравнительный анализ результатов двумерной эластографии сдвиговой волной по двум системам стратификации (степени METAVIR и критерии Baveno VI) был проведен с исследованием, выполненном на оборудовании того же производителя. Транзиентная эластография использовалась в качестве референтного метода в обоих исследованиях.

Результаты: выявлена сильная прямая корреляция между результатами оценки жесткости печени при помощи транзиентной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной ($r = 0,790$, $P < 0,001$). При сопоставлении результатов работ, выполненных на оборудовании одного производителя, выявлено, что пороговые значения для диагностики степеней фиброза по METAVIR (первая система стратификации) и значимости фиброза по правилу пяти в соответствии с Консенсусом Baveno VI (вторая система стратификации) были сопоставимы. Так, пороговые значения в диагностике степени F4 по METAVIR были 10,3 кПа (наши данные) против 10,5 кПа, в оценке высокой вероятности наличия компенсированного прогрессирующего хронического заболевания печени – 11,3 кПа (наши данные) против 10,6 кПа.

Выводы: двумерная эластография сдвиговой волной характеризуется высокой информативностью в оценке степени выраженности фиброза при использовании обеих систем стратификации (степени фиброза по METAVIR и критерии Baveno VI). Полученные пороговые значения сопоставимы с таковыми при использовании оборудования соответствующего производителя.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, двумерная эластография сдвиговой волной, транзиентная эластография, жесткость печени, скорость сдвиговой волны, модуль Юнга, компенсированное прогрессирующее хроническое заболевание печени, METAVIR.

Цитирование: Процык О.М., Швырев С.Л., Митькова М.Д., Капустин В.В. Двумерная эластография сдвиговой волной в оценке наличия и степени выраженности фиброза печени в сравнении с данными транзиентной эластографии. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2022; 4: 10–22. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2022-4-10-22>

Конфликт интересов: В.В. Капустин является руководителем отдела онкологической практики ООО “АрПи Канон Медикал Системз” (г. Москва).

ВВЕДЕНИЕ

Фиброз печени развивается при формировании соединительной ткани в печени в результате различных хронических заболеваний, включая действие алкоголя, вирусные гепатиты, аутоиммунные заболевания печени, более редкие наследственные заболевания печени. Финальной стадией большинства хронических диффузных заболеваний печени является цирроз печени, который представляет собой диффузный процесс изменения печеночной паренхимы, характеризующийся фиброзом и трансформацией нормальной структуры печени с образованием узлов. Естественное течение цирроза печени характеризуется бессимптомной стадией (компенсированный цирроз

печени), которая сменяется стадией повышения давления в портальной системе и ухудшением функции печени, что приводит к появлению клинической картины в виде осложнений цирроза печени (стадия декомпенсации). Стадия декомпенсации проявляется развитием выраженных клинических симптомов, к наиболее важным относятся следующие: портальная гипертензия, асцит (с инфицированием или без инфицирования асцитической жидкости), кровотечение из варикозных вен пищевода и желудка, печеночная энцефалопатия и др. [1].

Поэтому своевременная оценка степени фиброза печени и портальной гипертензии крайне важна для определения прогноза,

выработки правильной тактики ведения пациентов. “Золотым стандартом” диагностики фиброза считается биопсия печени, а портальной гипертензии – катетерное измерение портального градиента давления (разницы между давлением в воротной и нижней полой венах). Основным ограничением данных методик является их инвазивный характер, что обуславливает необходимость выполнения их в стационарных условиях и неизбежное развитие побочных реакций и осложнений. Кроме того, еще одним ограничением измерения портального градиента давления является низкая доступность методики, поскольку ее проведение возможно только в немногочисленных экспертных центрах [2].

На сегодняшний день имеется значительный прогресс в развитии и внедрении в практику различных неинвазивных методик определения характера поражения при хронических заболеваниях печени. Одна из них (транзиентная эластография) основана на измерении жесткости печени при помощи создания поперечных волн за счет внешнего механического толчка [3–5]. Одним из наиболее заметных ограничений данной технологии является выполнение “слепого” измерения жесткости печени [2, 5]. Тем не менее в литературе имеются данные о сильной корреляции показателей жесткости печени по данным транзиентной эластографии со степенью фиброза печени [6, 7], а также показана роль данной методики в выявлении клинически значимой портальной гипертензии [5, 8, 9]. Распространение транзиентной эластографии обусловлено ее активным включением в системы стратификации и мониторинга пациентов [1], что привело к широкому применению методики в рутинной клинической практике.

Наряду с транзиентной эластографией в последние годы большое распространение в клинической практике получают еще две методики ультразвуковой эластографии, также работающие на основе измерения скорости сдвиговых волн, – точечная эластография сдвиговой волной и двумерная эластография сдвиговой волной. Их преимуществом является совместная оценка ультразвуковой картины печени в В-режиме и эластометрии. Кроме того, двумерная эластография сдвиговой волной позволяет проводить цветовое картирование жест-

кости тканей печени для их визуальной оценки, что повышает уверенность оператора в корректности выбора зоны интереса. Обе эти методики позволяют проводить количественную оценку эластических свойств печени и судить о наличии и степени выраженности фиброза печеночной ткани, а также выраженности портальной гипертензии [3–5]. Данные методики реализованы на ультразвуковых системах целого ряда фирм-производителей диагностического оборудования. Естественно, различные технологические решения у разных производителей обуславливают особенности как при формировании эластографических изображений, так и в количественных значениях получаемых данных [3–5, 10–12].

Целью настоящего исследования было сравнение пороговых значений жесткости в определении наличия и степени выраженности фиброза печени при двумерной эластографии сдвиговой волной с имеющимися в литературе результатами при использовании оборудования одного производителя.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были ретроспективно проанализированы данные 102 пациентов, которым в период с января 2019 по январь 2023 года в КГБУЗ “Консультативно-диагностический центр” Министерства здравоохранения Хабаровского края “Вивея” (г. Хабаровск) было проведено количественное измерение жесткости печени при помощи двумерной эластографии сдвиговой волной и транзиентной эластографии. Всем пациентам указанные исследования были выполнены в ходе планового динамического наблюдения при наличии различных хронических заболеваний печени.

Критериями включения в исследование являлись: получение надежных результатов эластометрии печени по данным транзиентной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной; отсутствие клинической картины активного воспаления печени и (или) противовирусного лечения; отсутствие на момент обследования данных о кардиологических заболеваниях с развитием хронической сердечной недостаточности, билиарной гипертензии и множественных очаговых изменениях в печени.

Исследования проводились по направлению врачей-гастроэнтерологов. Все пациенты давали письменное информированное согласие на проведение исследования печени методами транзIENTной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной.

В исследование были включены 54 женщины и 48 мужчин в возрасте от 22 до 86 лет (медиана – 56 лет) с массой тела от 52 до 114 кг (медиана – 81 кг) и индексом массы тела (ИМТ) от 19,1 до 43,5 кг/м² (медиана – 27,6 кг/м²). В 45 из 102 (44,1%) наблюдений пациенты активных жалоб не предъявляли. В остальных случаях (55,9%) преобладающее количество жалоб было на ощущения дискомфорта, тяжести или на боли ноющего или тянущего характера в правом подреберье. Кроме того, некоторые пациенты предъявляли жалобы на боли или дискомфорт в эпигастрии, изжогу, отрыжку, неустойчивость стула и общую слабость. Распределение пациентов в зависимости от основного диагноза представлено в табл. 1.

Во всех случаях при транзIENTной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной измерение жесткости тканей печени проводили натошак (в срок не менее 4 ч до исследования), в положении лежа на спине или с небольшим поворотом на левый бок, заведением правой руки за голову и некоторым изгибом туловища [3–5, 12].

Измерение жесткости печеночной ткани при помощи транзIENTной эластографии выполнялось на аппарате FibroScan (Ком-

пакт 530, версия программного обеспечения 2.0) (Echosens, Франция) с использованием датчиков М и XL. ТранзIENTную эластографию проводили врачи с опытом проведения таких исследований не менее 2 лет. Измерения осуществлялись в тканях правой доли печени с размещением датчика по средней подмышечной линии. В 93 (91,2%) наблюдениях (у пациентов с массой тела менее 100 кг) использовали датчик М, в остальных случаях (8,8%) применяли датчик XL. Жесткость печени определяли как медиану 10 последовательных измерений модуля Юнга (кПа). Валидными считались только те результаты, при которых соотношение интерквартильного размаха (interquartile range – IQR) к медиане (Med) (IQR/Med) не превышало 30%.

Ультразвуковое исследование печени с двумерной эластографией сдвиговой волной было выполнено на системе Aplio 500 (версия программного обеспечения 7.0) (Canon Medical Systems, Япония) с конвексным датчиком 6C1. Использовались стандартные предустановки фирмы-производителя. Ультразвуковое исследование с двумерной эластографией сдвиговой волной выполнял один и тот же врач ультразвуковой диагностики с опытом проведения таких исследований более 7 лет.

Двумерную эластографию сдвиговой волной печени проводили в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [3–5, 12]. После выбора межреберно-

Таблица 1. Диагноз (основное заболевание) 102 пациентов, включенных в исследование

Основное заболевание	Количество пациентов
Неалкогольная жировая болезнь печени: стеатоз	37 (36,3%)
Неалкогольная жировая болезнь печени: стеатогепатит	7 (6,9%)
Хронический вирусный гепатит В	6 (5,9%)
Хронический вирусный гепатит С	27 (26,5%)
Хронический лекарственный гепатит	3 (2,9%)
Хронический токсический гепатит	2 (2,0%)
Другие воспалительные болезни печени	5 (4,9%)
Цирроз печени вирусной этиологии	5 (4,9%)
Алкогольный цирроз печени	2 (2,0%)
Вторичный билиарный цирроз печени	3 (2,9%)
Другой и неуточненный цирроз печени	3 (2,9%)
Синдром Жильбера	2 (2,0%)

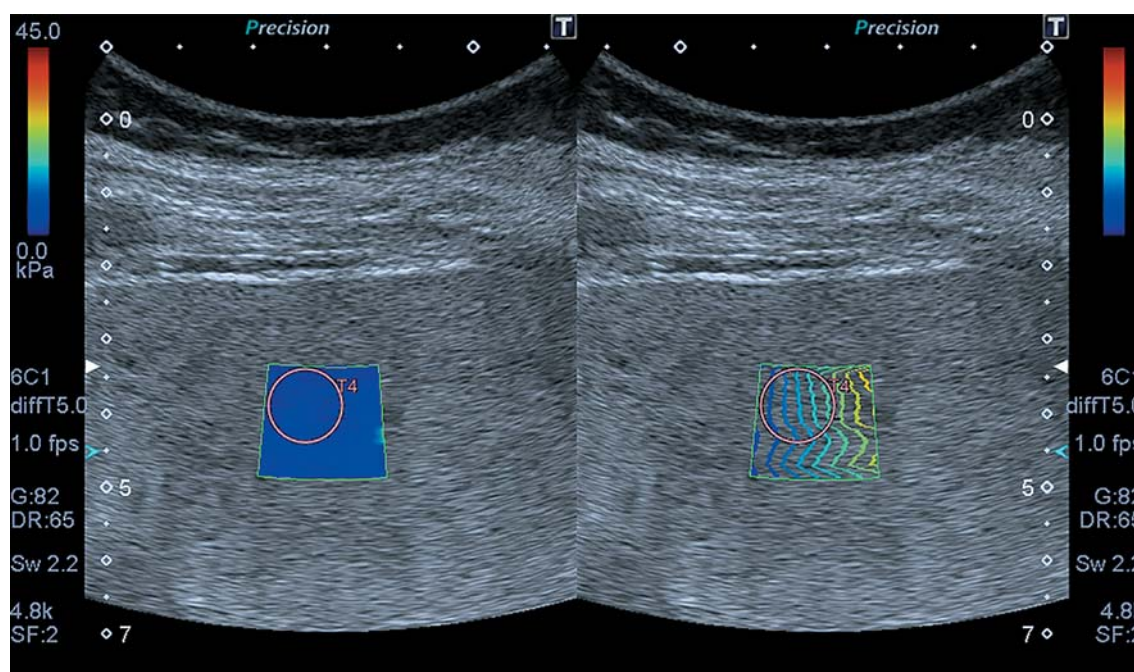


Рис. 1. Двумерная эластография сдвиговой волной. Слева – визуальная оценка жесткости печени (картирование), справа – режим отображения распространения сдвиговых волн (propagation).

го промежутка с получением качественного серошкального изображения печени выполняли эластографическую (визуальную) и эластометрическую (количественную) оценку жесткости тканей печени в выбран-

ной зоне интереса. Пациента инструктировали задерживать дыхание без глубокого вдоха (по возможности на середине выдоха). Качественный анализ проводили в выбранной зоне цветового картирования размерами от 2×2 до 3×3 см, расположенной на расстоянии не менее чем на 1 см от капсулы печени. Эластографическое исследование выполняли в режиме двойного окна: слева – В-режим и эластографическое картирование; справа – режим отображения распространения сдвиговых волн (propagation). Режим propagation применялся как дополнительный критерий контроля качества [2]. Шкала модуля Юнга во всех исследованиях составляла от 0 до 45 кПа. Для количественного измерения жесткости печени (эластометрии) зону интереса в виде окружности 10 мм в диаметре располагали внутри выбранной области наиболее стабильного цветового картирования и оптимального распространения сдвиговых волн в режиме propagation (рис. 1). Жесткость печени определяли как медиану 5 измерений модуля Юнга (кПа). Также учитывались только те значения жесткости, при которых значение IQR/Med не превышало 30% (рис. 2).

Speed[m/s]			Elasticity[kPa]		
	Average	SD	Average	SD	Depth[cm]
✓ 1	1.23	0.08	4.4	0.6	3.8
✓ 2	1.08	0.08	3.4	0.6	4.4
✓ 3	1.09	0.12	3.5	0.8	4.0
✓ 4	1.08	0.07	3.4	0.5	3.9
✓ 5	1.14	0.12	3.8	0.9	3.6
Mean	1.13		3.7		
SD	0.06		0.4		
Median	1.09		3.5		
IQR	0.10		0.7		

Рис. 2. Отображение результатов двумерной эластографии сдвиговой волной. Расчет жесткости печени проводился по 5 измерениям (обведены белой линией). Для дальнейших расчетов использовались медиана модуля Юнга и IQR/Med. Желтой линией обведены значения медианы и IQR. В данном наблюдении медиана – 3,5 кПа, IQR/Med – 20%.

Для стратификации пациентов по степени фиброза печени (по результатам транзистентной эластографии) использовали две системы выбора пороговых значений: степени фиброза по METAVIR (F) в соответствии с метаанализом Е.А. Tsochatzis et al. [8] и так называемое правило пяти в соответствии с Консенсусом Baveno VI [9]. Критерии Консенсуса Baveno VI используются в действующих российских клинических рекомендациях [13].

Для первой системы стратификации использовали следующие пороговые значения жесткости печени (транзистентная эластография) [2, 8]:

- <7 кПа – F0–1 (далее подгруппа 1-1),
- ≥7,0, но <9,5 кПа – F2 (далее подгруппа 1-2),
- ≥9,5 кПа, но <12 кПа – F3 (далее подгруппа 1-3),
- ≥12 кПа – F4 (цирроз) (далее подгруппа 1-4).

Для второй системы стратификации использовали следующие пороговые значения жесткости печени (транзистентная эластография) [2, 9]:

- <5 кПа – высокая вероятность отсутствия заболеваний печени (далее подгруппа 2-1),
- ≥5 кПа, но <10 кПа – исключается наличие компенсированного прогрессирующего хронического заболевания печени (кПХЗП) при отсутствии других клинических данных (далее подгруппа 2-2),
- 10–15 кПа – вероятно наличие кПХЗП, требуется дообследование (далее подгруппа 2-3),
- >15 кПа, но <20 кПа – высокая вероятность наличия кПХЗП (далее подгруппа 2-4),
- ≥20 кПа – высокая вероятность клинически значимой портальной гипертензии (далее подгруппа 2-5).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием

программного пакета SPSS v. 16.0. Жесткость печени представлена в виде медианы, 25–75-го перцентилей, 2,5–97,5-го перцентилей, минимума – максимума. Для межгрупповых сравнений использовали критерий Манна–Уитни. Статистически значимыми считали различия при значении $P < 0,05$. Корреляционный анализ осуществляли с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена (r). Кроме того, проведен ROC-анализ с представлением оптимальных пороговых значений жесткости, чувствительности и специфичности тестов, а также площади под ROC-кривой (area under curve – AUC).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные оценки жесткости печени при транзистентной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной в общей группе пациентов представлены в табл. 2. Значения модуля Юнга по результатам транзистентной эластографии характеризовались более выраженным разбросом данных. Между значениями модуля Юнга, полученными при проведении транзистентной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной, была выявлена сильная прямая статистически значимая корреляция ($r = 0,790$, $P < 0,001$). Полученные данные были схожи с результатами мультицентрового исследования М. Ronot et al. (2021) [2], в котором двумерная эластография сдвиговой волной проводилась на аналогичном аппарате (все центры использовали систему Aplio 500 Platinum (версия программного обеспечения 6.0), Canon Medical Systems, Япония) аналогичным датчиком (все центры использовали конвексный датчик 6C1). Диапазон значений модуля Юнга в этом исследовании составил

Таблица 2. Значения жесткости печени (кПа) в общей группе пациентов ($n = 102$) при использовании транзистентной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной

Метод	Медиана	25–75-й перцентили	2,5–97,5-й перцентили	Минимум – максимум
Транзистентная эластография	6,5	5,3–9,9	3,5–50,8	2,7–75,0
Двумерная эластография сдвиговой волной	6,1	5,1–8,4	3,7–18,0	3,5–32,4

Таблица 3. Значения жесткости печени (кПа) при двумерной эластографии сдвиговой волной в подгруппах пациентов в соответствии с первой системой стратификации (степени фиброза по METAVIR) по данным транзистентной эластографии

Подгруппы	Степени фиброза по METAVIR	Медиана	25–75-й проценти	2,5–97,5-й проценти	Минимум – максимум	Р
Подгруппа 1-1 (n = 56)	F0–1	5,2	4,6–5,8	3,5–11,1	3,5–13,8	0,000
Подгруппа 1-2 (n = 18)	F2	7,2	6,6–7,6	5,3–10,0	5,3–10,0	
Подгруппа 1-3 (n = 13)	F3	8,8	7,7–9,7	6,7–10,3	6,7–10,3	
Подгруппа 1-4 (n = 15)	F4	12,7	11,9–17,0	10,5–32,4	10,5–32,4	

Примечание: достоверность различий при сравнении с предыдущей подгруппой.

Таблица 4. Значения жесткости печени (кПа) при двумерной эластографии сдвиговой волной в подгруппах пациентов в соответствии со второй системой стратификации (правило пяти в соответствии с Консенсусом Baveno VI) по данным транзистентной эластографии

Подгруппы	Медиана	25–75-й проценти	2,5–97,5-й проценти	Минимум – максимум	Р
Подгруппа 2-1 (n = 17)	4,8	4,4–6,0	4,0–13,8	4,0–13,8	0,033
Подгруппа 2-2 (n = 60)	5,8	5,1–6,7	3,5–9,2	3,5–10,0	
Подгруппа 2-3 (n = 15)	9,8	8,8–11,3	6,7–12,7	6,7–12,7	0,000
Подгруппа 2-4 (n = 3)	14,3	11,8–14,3	11,8–14,3	11,8–14,3	0,017
Подгруппа 2-5 (n = 7)	17,0	12,5–18,2	11,9–32,4	11,9–32,4	0,183

Примечание: достоверность различий при сравнении с предыдущей подгруппой.

2,4–75,0 кПа для транзистентной эластографии и 3,6–55,7 кПа для двумерной эластографии сдвиговой волной с очень сильной прямой корреляцией между ними ($r = 0,932$, $P < 0,001$) [2].

На следующем этапе в соответствии с первой системой стратификации пациенты были разделены на 4 подгруппы в зависимости от степени фиброза по данным транзистентной эластографии: подгруппа 1-1 – отсутствие фиброза или незначительный фиброз (METAVIR F0–1), подгруппа 1-2 – умеренный фиброз (METAVIR F2), подгруппа 1-3 – выраженный фиброз (METAVIR F3), подгруппа 1-4 – тяжелый фиброз (цирроз) (METAVIR F4) (табл. 3).

В соответствии со второй системой стратификации (правило пяти в соответствии с Консенсусом Baveno VI) пациенты были подразделены на 5 подгрупп по данным транзистентной эластографии (табл. 4). Поскольку количество пациентов в подгруппах 2-4 и 2-5 было малым и достоверные различия в значениях модуля Юнга между ними не определялись, ROC-анализ по вто-

рой системе стратификации было решено проводить при объединении этих подгрупп.

На рис. 3–6 представлены результаты двумерной эластографии сдвиговой волной у пациентов различных подгрупп.

В последующем был проведен ROC-анализ диагностической эффективности двумерной эластографии сдвиговой волной в определении степени фиброза печени по первой системе стратификации и выраженности изменений печени (правило пяти) по второй системе стратификации (табл. 5). Напоминаем, что в обоих случаях в качестве референтного метода использовалась транзистентная эластография.

Данный анализ подтвердил высокую эффективность двумерной эластографии сдвиговой волной в оценке выраженности фиброза печени. При этом полученные нами пороговые значения в соответствии с первой системой стратификации в сравнении с работой M. Ronot et al. (2021) [2] были несколько ниже только для исключения клинически незначимого фиброза (F0–1) (табл. 6).

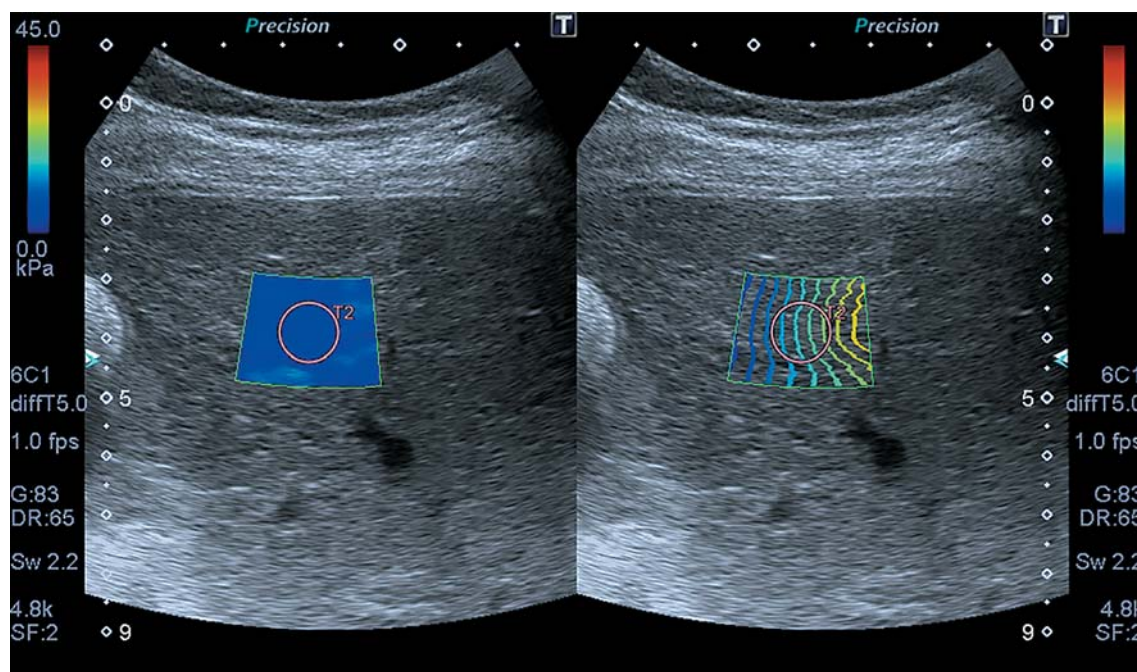


Рис. 3. Определение жесткости печени у пациентки 44 лет с диагнозом “хронический вирусный гепатит В”. Жалоб не предъявляет. Слева – картирование жесткости печени оттенками темно-синего цвета в режиме двумерной эластографии сдвиговой волной, справа – режим propagation (фронт сдвиговых волн отображается практически параллельными линиями с равными минимальными промежутками между ними). Медиана жесткости – 5,9 кПа, IQR – 13%.

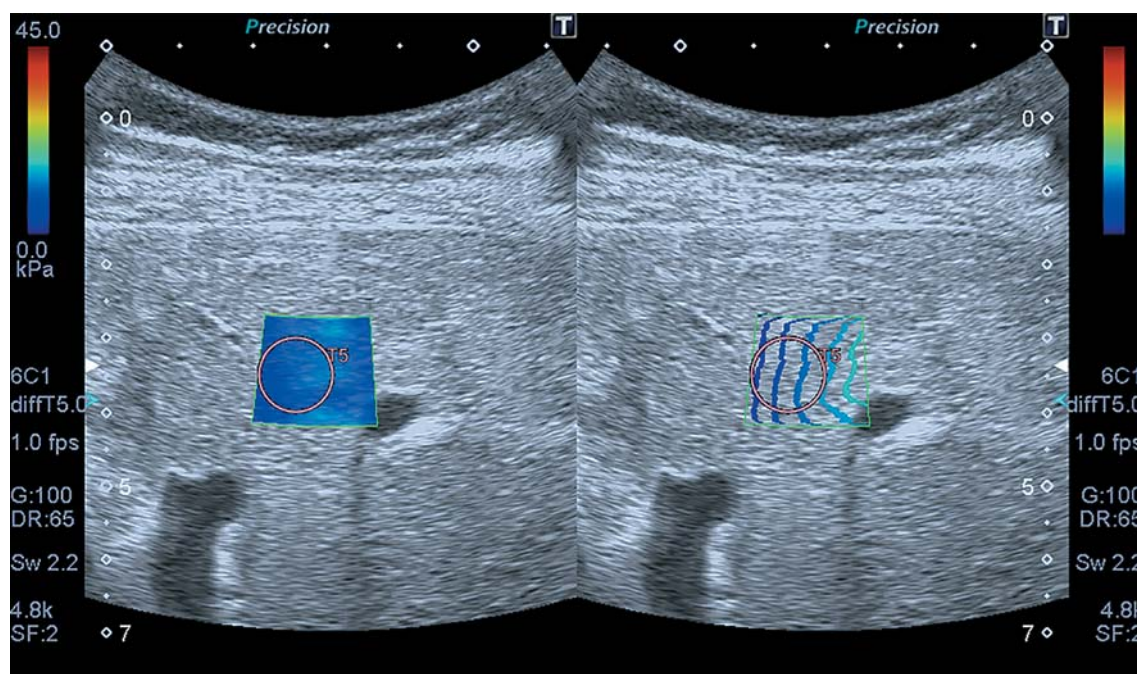


Рис. 4. Определение жесткости печени у пациента 56 лет с диагнозом “неалкогольная жировая болезнь печени (стеатоз)”. Жалобы на тяжесть в правом подреберье, анамнез неотягощен. Слева – картирование жесткости печени в режиме двумерной эластографии сдвиговой волной (появление участков голубого и зеленого оттенков), справа – режим propagation (фронт сдвиговых волн отображается с небольшими деформациями и умеренным увеличением промежутков между ними) Медиана жесткости – 7,5 кПа, IQR – 25%.

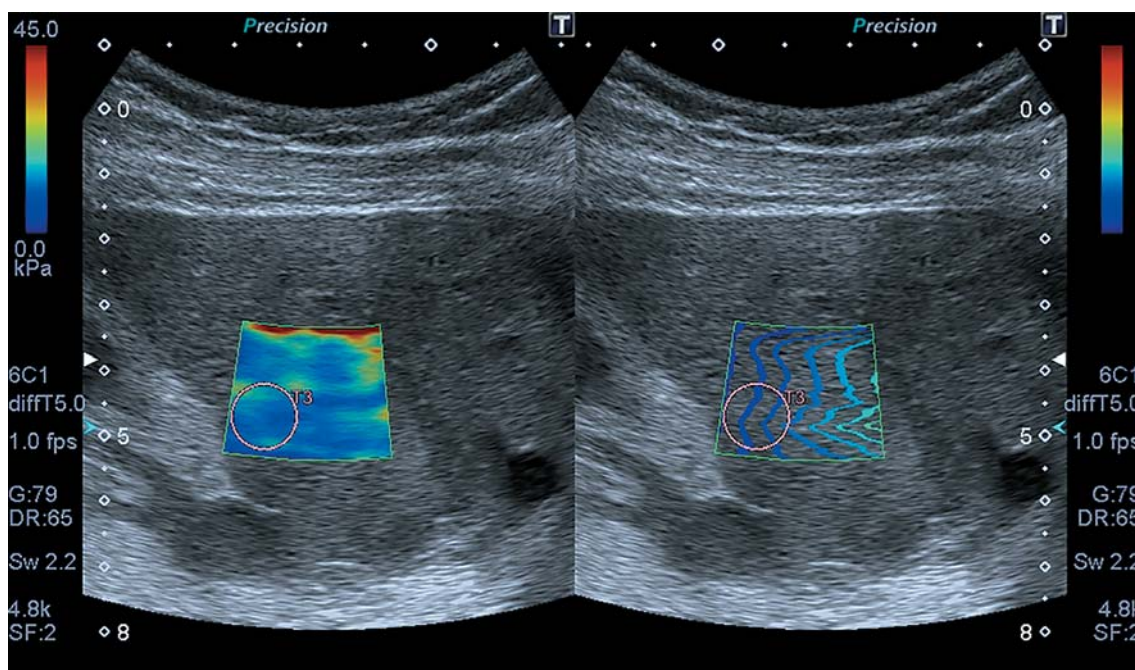


Рис. 5. Определение жесткости печени у пациента 49 лет с диагнозом “хронический вирусный гепатит С”. Жалоб не предъявляет. Слева – картирование жесткости печени оттенками “жестких” цветов в режиме двумерной эластографии сдвиговой волной, справа – режим propagation (деформация фронта сдвиговых волн с максимальными промежутками между ними). Медиана жесткости – 11,6 кПа, IQR – 18%.

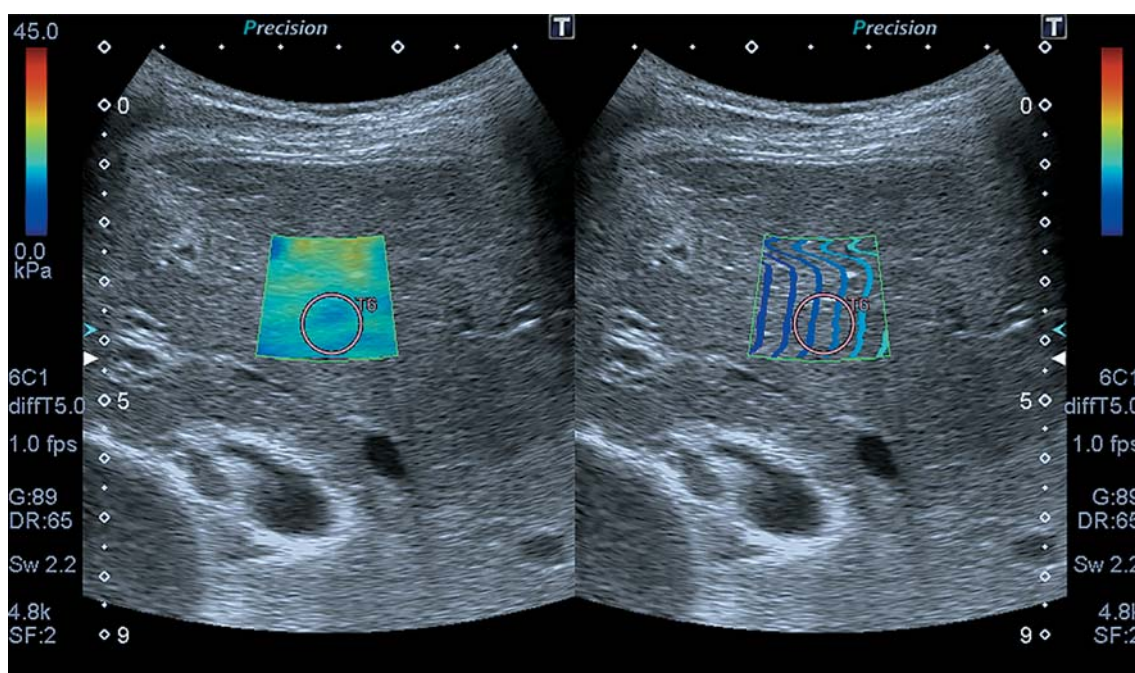


Рис. 6. Определение жесткости печени у пациента 49 лет с диагнозом “алкогольный цирроз печени”. Жалобы на общую слабость, снижение массы тела, периодические ноющие боли в правом подреберье. Слева – картирование жесткости печени оттенками “жестких” цветов в режиме двумерной эластографии сдвиговой волной, справа – режим propagation (деформация фронта сдвиговых волн с максимальными промежутками между ними). Медиана жесткости – 15,8 кПа, IQR – 7%.

Таблица 5. Диагностические характеристики двумерной эластографии сдвиговой волной при использовании двух систем стратификации

Тесты	Пороговые значения жесткости	AUC	Чувствительность	Специфичность
Первая система стратификации (степени фиброза по METAVIR)				
≥F2	>6,4 кПа	0,966	0,91	0,96
≥F3	>7,7 кПа	0,994	0,89	0,95
F4	>10,3 кПа	0,967	1,00	0,99
Вторая система стратификации (правило пяти в соответствии с Консенсусом Baveno VI)				
Высокая вероятность отсутствия заболевания печени (<5 кПа при ТЭ)	≤4,8 кПа	0,754	0,53	0,87
Исключается наличие кПХЗП при отсутствии других клинических данных (<10 кПа, но ≥5 кПа при ТЭ)	≤7,7 кПа	0,975	0,94	0,96
Высокая вероятность наличия кПХЗП (>15,0 кПа, но <20 кПа при ТЭ)	>11,3 кПа	0,988	1,00	0,96

Примечание: ТЭ – транзитная эластография.

Таблица 6. Сравнение пороговых значений в соответствии с первой системой стратификации (степени фиброза по METAVIR)

Степени фиброза	Данная работа	М. Ronot et al. (2021) [2]
≥F2	>6,4 кПа	≥7,40 кПа
≥F3	>7,7 кПа	≥7,95 кПа
F4	>10,3 кПа	≥10,50 кПа

Следует также отметить, что полученные нами пороговые значения при использовании второй системы стратификации были в значительной степени схожи не только со сравниваемым исследованием М. Ronot et al. (2021) [2], но и Консенсусом Society of Radiologists in Ultrasound (SRU)

(2020) [5], в котором представлены рекомендованные обобщенные пороговые значения точечной и двумерной эластографии сдвиговой волной (табл. 7).

Различия между сравниваемыми пороговыми значениями могут объясняться некоторой разницей методических подходов.

Таблица 7. Сравнение пороговых значений в соответствии со второй системой стратификации (правило пяти по Консенсусу Baveno VI)

Транзитная эластография	Данная работа	М. Ronot et al. (2021) [2]	R.G. Barr et al. (2020) [5]
<5,0 кПа – высокая вероятность отсутствия заболевания печени	≤4,8 кПа	<6,85 кПа	≤5 кПа
<10,0 кПа, но ≥5 кПа – исключается наличие кПХЗП при отсутствии других клинических данных	≤7,7 кПа	<9,55 кПа	<9 кПа
>15,0 кПа – высокая вероятность наличия кПХЗП	>11,3 кПа	≥10,60 кПа	>13 кПа

Так, в нашем исследовании расчет медианы и соотношения IQR/Med при двумерной эластографии сдвиговой волной проводился на основании 5 измерений модуля Юнга (как рекомендовано в Консенсусе SRU (2020) [5]), а Ronot et al. (2021) [2] использовали медиану 10 измерений. Надо отметить, что в литературе встречается и меньшее количество измерений, применяемое авторами для усреднения. Так, Рекомендации European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology 2017 г. допускают возможность 3 измерений [3].

Как и в исследовании Ronot et al. (2021) [2], в качестве “золотого стандарта” вместо биопсии была выбрана транзистентная эластография: этот выбор является приемлемым, поскольку транзистентная эластография в настоящее время используется как референтный метод. К ограничениям можно отнести то, что настоящее исследование включало небольшое количество пациентов. Кроме того, данное исследование носило ретроспективный характер и было выполнено на материале, полученном в одной медицинской организации. Измерение жесткости при двумерной эластографии сдвиговой волной было выполнено одним врачом ультразвуковой диагностики без оценки внутриоператорской вариабельности получаемых данных.

ВЫВОДЫ

1) Выявлена сильная прямая корреляция между результатами оценки жесткости печени при помощи транзистентной эластографии и двумерной эластографии сдвиговой волной ($r = 0,790$, $P < 0,001$).

2) Двумерная эластография сдвиговой волной характеризуется высокой информативностью в оценке степени выраженности фиброза при использовании обеих систем стратификации (степени фиброза по METAVIR и критерии Baveno VI).

3) Полученные пороговые значения сопоставимы с таковыми при использовании оборудования соответствующего производителя.

4) Полученные пороговые значения сопоставимы с пороговыми общепризнанного диагностического консенсусного документа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивашкин В.Т., Маевская М.В., Жаркова М.С., Жигалова С.Б., Киценко Е.А., Манукьян Г.В., Трухманов А.С., Маев И.В., Тихонов И.Н., Деева Т.А. Клинические рекомендации Российского общества по изучению печени и Российской гастроэнтерологической ассоциации по диагностике и лечению фиброза и цирроза печени и их осложнений. *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии*. 2021; 31 (6): 56–102.
2. Ronot M., Ferraioli G., Muller H.P., Friedrich-Rust M., Filice C., Vilgrain V., Cosgrove D., Lim A.K. Comparison of liver stiffness measurements by a 2D-shear wave technique and transient elastography: results from a European prospective multi-centre study. *Eur. Radiol.* 2021; 31 (3): 1578–1587. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07212-x>
3. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S., Cantisani V., Castera L., Cosgrove D., Ferraioli G., Friedrich-Rust M., Gilja O.H., Goertz R.S., Karlas T., de Knecht R., de Ledinghen V., Piscaglia F., Procopet B., Saftoiu A., Sidhu P.S., Sporea I., Thiele M. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (long version). *Ultraschall Med.* 2017; 38 (4): e16–e47. <https://doi.org/10.1055/s-0043-103952>
4. Ferraioli G., Wong V.W., Castera L., Berzigotti A., Sporea I., Dietrich C.F., Choi B.I., Wilson S.R., Kudo M., Barr R.G. Liver ultrasound elastography: an update to the World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology guidelines and recommendations. *Ultrasound Med. Biol.* 2018; 44 (12): 2419–2440. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmed-bio.2018.07.008>
5. Barr R.G., Wilson S.R., Rubens D., Garcia-Tsao G., Ferraioli G. Update to the Society of Radiologists in Ultrasound liver elastography consensus statement. *Radiology*. 2020; 296 (2): 263–274. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020192437>
6. Friedrich-Rust M., Poynard T., Castera L. Critical comparison of elastography methods to assess chronic liver disease. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2016; 13 (7): 402–411. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2016.86>
7. Пиманов С.И., Митькова М.Д., Митьков В.В. Факторы, оказывающие влияние на результаты ультразвуковой эластометрии печени. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2021; 4: 9–29. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-4-9-29>
8. Tsochatzis E.A., Gurusamy K.S., Ntaoula S., Cholongitas E., Davidson B.R., Burroughs A.K. Elastography for the diagnosis of severity of fibrosis in chronic liver disease: a meta-analysis of diagnostic accuracy. *J. Hepatol.* 2011; 54 (4): 650–659. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2010.07.033>
9. de Franchis R.; Baveno VI Faculty. Expanding consensus in portal hypertension: Report of the Baveno VI Consensus Workshop: Stratifying risk

- and individualizing care for portal hypertension. *J. Hepatol.* 2015; 63 (3): 743–752. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2015.05.022>
10. Sporea I., Baldea V., Lupusoru R., Bende F., Mare R., Lazar A., Popescu A., Sirli R. Quantification of Steatosis and Fibrosis using a new system implemented in an ultrasound machine. *Med. Ultrason.* 2020; 22 (3): 265–271. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32399537/>
 11. Mulabecirovic A., Mjelle A.B., Gilja O.H., Vesterhus M., Havre R.F. Liver elasticity in healthy individuals by two novel shear-wave elastography systems – comparison by age, gender, BMI and number of measurements. *PLoS One.* 2018; 13 (9): e0203486. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203486>
 12. Ferraioli G., Barr R.G., Farrokh A., Radzina M., Cui X.W., Dong Y., Rocher L., Cantisani V., Polito E., D’Onofrio M., Roccarina D., Yamashita Y., Dighe M.K., Dietrich C.F. How to perform shear wave elastography. Part I. *Med. Ultrason.* 2022; 24 (1): 95–106. <https://doi.org/10.11152/mu-3217>
 13. Клинические рекомендации “Цирроз и фиброз печени”. 2021. https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/715_1 (дата обращения 20.09.2022).
- ## REFERENCES
1. Ivashkin V.T., Maevskaya M.V., Zharkova M.S., Zhigalova S.B., Kitsenko E.A., Manukyan G.V., Trukhmanov A.S., Maev I.V., Tikhonov I.N., Deeva T.A. Clinical recommendations of the Russian Scientific Liver Society and Russian Gastroenterological Association on diagnosis and treatment of liver fibrosis, cirrhosis and their complications. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology.* 2021; 31 (6): 56–102. (in Russian)
 2. Ronot M., Ferraioli G., Muller H.P., Friedrich-Rust M., Filice C., Vilgrain V., Cosgrove D., Lim A.K. Comparison of liver stiffness measurements by a 2D-shear wave technique and transient elastography: results from a European prospective multi-centre study. *Eur. Radiol.* 2021; 31 (3): 1578–1587. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07212-x>
 3. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S., Cantisani V., Castera L., Cosgrove D., Ferraioli G., Friedrich-Rust M., Gilja O.H., Goertz R.S., Karlas T., de Knegt R., de Ledingham V., Piscaglia F., Procopet B., Saftoiu A., Sidhu P.S., Sporea I., Thiele M. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (long version). *Ultraschall Med.* 2017; 38 (4): e16–e47. <https://doi.org/10.1055/s-0043-103952>
 4. Ferraioli G., Wong V.W., Castera L., Berzigotti A., Sporea I., Dietrich C.F., Choi B.I., Wilson S.R., Kudo M., Barr R.G. Liver ultrasound elastography: an update to the World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology guidelines and recommendations. *Ultrasound Med. Biol.* 2018; 44 (12): 2419–2440. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmed-bio.2018.07.008>
 5. Barr R.G., Wilson S.R., Rubens D., Garcia-Tsao G., Ferraioli G. Update to the Society of Radiologists in Ultrasound liver elastography consensus statement. *Radiology.* 2020; 296 (2): 263–274. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020192437>
 6. Friedrich-Rust M., Poynard T., Castera L. Critical comparison of elastography methods to assess chronic liver disease. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2016; 13 (7): 402–411. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2016.86>
 7. Pimanov S.I., Mitkova M.D., Mitkov V.V. Confounding factors in ultrasound liver elastography. *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2021; 4: 9–29. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-4-9-29> (in Russian)
 8. Tsochatzis E.A., Gurusamy K.S., Ntaoula S., Cholongitas E., Davidson B.R., Burroughs A.K. Elastography for the diagnosis of severity of fibrosis in chronic liver disease: a meta-analysis of diagnostic accuracy. *J. Hepatol.* 2011; 54 (4): 650–659. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2010.07.033>
 9. de Franchis R.; Baveno VI Faculty. Expanding consensus in portal hypertension: Report of the Baveno VI Consensus Workshop: Stratifying risk and individualizing care for portal hypertension. *J. Hepatol.* 2015; 63 (3): 743–752. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2015.05.022>
 10. Sporea I., Baldea V., Lupusoru R., Bende F., Mare R., Lazar A., Popescu A., Sirli R. Quantification of Steatosis and Fibrosis using a new system implemented in an ultrasound machine. *Med. Ultrason.* 2020; 22 (3): 265–271. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32399537/>
 11. Mulabecirovic A., Mjelle A.B., Gilja O.H., Vesterhus M., Havre R.F. Liver elasticity in healthy individuals by two novel shear-wave elastography systems – comparison by age, gender, BMI and number of measurements. *PLoS One.* 2018; 13 (9): e0203486. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203486>
 12. Ferraioli G., Barr R.G., Farrokh A., Radzina M., Cui X.W., Dong Y., Rocher L., Cantisani V., Polito E., D’Onofrio M., Roccarina D., Yamashita Y., Dighe M.K., Dietrich C.F. How to perform shear wave elastography. Part I. *Med. Ultrason.* 2022; 24 (1): 95–106. <https://doi.org/10.11152/mu-3217>
 13. Clinical practice guidelines *Liver cirrhosis and fibrosis*, https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/715_1 (2021, accessed 20.09.2022). (in Russian)

Comparison of two-dimensional shear wave elastography and transient elastography in liver fibrosis staging

O.M. Protsyk¹, S.L. Shvyrev², M.D. Mitkova³, V.V. Kapustin⁴

¹ Medical Center Vivea, Khabarovsk

² Federal Research Institute for Health Organization and Informatics, Moscow

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow

⁴ Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow

O.M. Protsyk – M.D., Ph.D., Head of Ultrasound Diagnostics Department, Medical Center Vivea, Khabarovsk. <https://orcid.org/0009-0008-3028-3079>

S.L. Shvyrev – M.D., Ph.D., Deputy Director, Department of Regulatory Information Service Center, Federal Research Institute for Health Organization and Informatics, Moscow. <https://orcid.org/0009-0004-9093-6765>

M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3870-6522>

V.V. Kapustin – M.D., Ph.D., Professor, Division of Radiology, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3771-1354>

Correspondence to Dr. Oksana M. Protsyk. E-mail: protsyk.ok@yandex.ru

Objective: to compare liver stiffness cut-off values for assessing liver fibrosis using two-dimensional shear wave elastography with literature data on results obtained using equipment from the same vendor. **Material and methods:** the study included 54 women and 48 men aged from 22 to 86 years (median – 56 years), who were underwent transient elastography (FibroScan, Echosens, France) and two-dimensional shear wave elastography (Aplio 500, Canon Medical Systems, Japan) during routine follow-up for various chronic liver diseases. A comparative analysis of the two-dimensional shear wave elastography results according to two stratification systems (METAVIR score system and Baveno VI consensus criteria) was carried out with a study used same vendor equipment. Transient elastography was used as the reference method in both studies.

Results: there was a strong direct correlation between liver stiffness measured by transient elastography and two-dimensional shear wave elastography ($r = 0.790$, $P < 0.001$). The cut-off values for liver fibrosis staging according to METAVIR score system and to Baveno VI consensus criteria in the studies used the single vendor equipment were comparable. Thus, the cut-off value for F4 stage of liver fibrosis was 10.3 kPa (own data) versus 10.5 kPa, the cut-off value for high probability of presence of compensated advanced chronic liver disease – 11.3 kPa (own data) versus 10.6 kPa.

Conclusions: two-dimensional shear wave elastography is highly informative for liver fibrosis assessment according to both systems (METAVIR score system and Baveno VI consensus criteria). The cut-off values obtained with the use of single vendor equipment are comparable.

Key words: ultrasound, two-dimensional shear wave elastography, transient elastography, liver stiffness, shear wave speed, Young's modulus, compensated advanced chronic liver disease, METAVIR.

Disclosures of Conflicts of Interest: V.V. Kapustin – Head of Oncology Practice Department, RP Canon Medical Systems, LLC (Moscow).

Citation: Protsyk O.M., Shvyrev S.L., Mitkova M.D., Kapustin V.V. Comparison of two-dimensional shear wave elastography and transient elastography in liver fibrosis staging. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2022; 4: 10–22. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2022-4-10-22> (in Russian)