

СОГЛАСОВАННОСТЬ МЕТОДОВ ЭЛАСТОГРАФИИ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ И ВИБРАЦИОННО КОНТРОЛИРУЕМОЙ ТРАНЗИЕНТНОЙ ЭЛАСТОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИБРОЗА И СТЕАТОЗА ПЕЧЕНИ

А.В. Зубарев, В.Е. Гажонова, С.Б. Поткин, С.О. Чуркина*

ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

AGREEMENT OF SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY AND VIBRATION-CONTROLLED TRANSIENT ELASTOGRAPHY WITH DIFFERENT STEATOMETRY METHODS IN ASSESSING LIVER FIBROSIS AND STEATOSIS

A.V. Zubarev, V.E. Gazhonova, S.B. Potkin, S.O. Churkina*

Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

*E-mail: 14churkina@mail.ru

Аннотация

Цель исследования – оценить согласованность методов эластографии сдвиговой волны и транзистентной эластографии для оценки фиброза и стеатоза печени, выявить факторы, влияющие на расхождения между методами, а также определить диагностическую ценность интегрального ультразвукового показателя стеатоза (St_avg). **Материалы и методы.** В исследование включено 113 пациентов. Выполнена эластометрия на аппаратах Samsung V8-RUS (Samsung Medison Co) (сдвиговая волна) и Hepatus (Mindray) (транзистентная). Оценивались стадии фиброза (F0–F4) и стеатоз (наличие и степень). Проведены описательная и сравнительная статистика, анализ согласованности (коэффициент Каппа Коэна, анализ Бланда – Алтмана), логистический регрессионный анализ, а также ROC-анализ для интегрального ультразвукового показателя стеатоза. **Результаты.** Согласованность между двумя аппаратами с различными принципами получения эластографии для оценки фиброза была умеренной (невзвешенный каппа-коэффициент – 0.384) и хорошей при использовании взвешенной каппы (квадратично взвешенный каппа-коэффициент – 0.663). Расхождения не превышали одной стадии в 96.9% случаев. Наличие стеатоза являлось основным фактором расхождений (отношение шансов (ОШ) 3.88; $p = 0.006$). Методы стеатометрии демонстрировали высокую согласованность при определении наличия стеатоза (80–85%), но низкую при оценке ее степени (каппа-коэффициент ≈ 0.3). Интегральный ультразвуковой показатель стеатоза St_avg статистически значимо различался между группами с наличием и отсутствием стеатоза ($p < 0.001$). **Заключение.** Методы эластографии сдвиговой волны и транзистентной эластографии демонстрируют приемлемую согласованность при оценке фиброза печени. При этом основным фактором расхождений служит наличие стеатоза. Интегральный ультразвуковой показатель стеатоза St_avg повышает точность диагностики жирового гепатоза и может быть рекомендован к использованию в клинической практике.

Ключевые слова: фиброз печени, стеатоз печени, эластография сдвиговой волной, транзистентная эластография

Abstract

Purpose. To evaluate the agreement between shear wave elastography (SWE) and vibration controlled transient elastography (VCTE) for the assessment of liver fibrosis and steatosis; to identify factors influencing discrepancies between the methods, and to determine the diagnostic value of integral ultrasound steatosis index (St_avg). **Materials and methods.** The study included 113 patients. Elastometry was performed using devices Samsung V8-RUS (Samsung Medison Co) (with SWE) and Hepatus (Mindray) (with VCTE). Liver fibrosis stages (F0–F4) and steatosis (presence and grade) were studied. Descriptive and comparative statistics, agreement analysis (Cohen's kappa coefficient, Bland–Altman analysis), logistic regression analysis, and ROC analysis for the integral combined St_avg index were performed. **Results.** Agreement between devices for fibrosis assessment was moderate (unweighted kappa 0.384) and good with weighted kappa (quadratically weighted kappa 0.663). In 96.9% of cases, discrepancies did not exceed one stage. The presence of steatosis was the main factor associated with discrepancies (OR 3.88; $p = 0.006$). Steatometry techniques demonstrated high agreement in detecting steatosis presence (80–85%), but low agreement in steatosis grading (kappa ≈ 0.3). The integral index St_avg significantly differed between groups with and without steatosis ($p < 0.001$). **Conclusion.** SWE and VCTE demonstrate acceptable agreement for assessing liver fibrosis, with steatosis presence, being the main factor contributing to discrepancies. The integral St_avg index improves diagnostic accuracy in steatosis and can be recommended for clinical practice.

Keywords: liver fibrosis, liver steatosis, shear wave elastography, vibration controlled transient elastography

Ссылка для цитирования: Зубарев А.В., Гажонова В.Е., Поткин С.Б., Чуркина С.О. Согласованность методов эластографии сдвиговой волной и вибрационно контролируемой транзистентной эластографии для оценки фиброза и стеатоза печени. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2026; 3: 6–11.

Введение

Неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП) является одним из наиболее распространенных хронических заболеваний печени, ассоциированным с ожирением, сахарным диабетом 2-го типа и метаболическим синдромом. Ключевыми патоморфологическими компонентами НАЖБП выступают стеатоз (жировая инфильтрация паренхимы печени) и фиброз, прогрессирование которого определяет риск развития цирроза печени и гепатоцеллюлярной карциномы [1].

В клинической практике для неинвазивной оценки фиброза и стеатоза печени широко используются различные методы эластографии [2]. Транзистентная эластография (выполняемая на аппаратах FibroScan, Hepatus) является наиболее известным и широко распространенным методом неинвазивной диагностики фиброза и стеатоза печени. Однако в последние годы все большее распространение получает двухмерная или точечная эластография сдвиговой волной (Shear Wave Elastography, SWE), интегрированная в стандартные ультразвуковые системы. Это позволяет одновременно проводить оценку и других паренхиматозных изменений печеночной паренхимы.

Сопоставимость результатов, полученных на аппаратах разных производителей и реализующих различные физические принципы, остается предметом активных исследований [3, 4]. Вариабельность измерений может быть связана с рядом факторов, включая наличие стеатоза, индекс массы тела (ИМТ) пациента, а также технические особенности каждого метода. Кроме того, оценка степени стеатоза с использованием различных ультразвуковых технологий (Controlled Attenuation Parameter, CAP, параметры фракции жира) также демонстрирует неоднозначную согласованность, что требует поиска путей повышения диагностической точности.

В настоящем исследовании предпринята попытка сравнить два метода эластометрии между собой, а также выяснить, в каких случаях и почему их результаты могут расходиться.

Цель исследования – оценить согласованность методов SWE и вибрационно-контролируемой транзистентной эластографии (Vibration-Controlled Transient Elastography, VCTE) для оценки фиброза печени и сопоставить данные стеатометрии на основе контролируемого параметра затухания (CAP) с комбинированными данными на основе затухания и рассеивания ультразвукового сигнала (Attenuation and Backscatter Coefficient Spectroscopy, ATS + BCS) для диагностики наличия и степени стеатоза печени, выявить факторы, влияющие на вариабельность результатов, а также определить диагностическую ценность интегрального ультразвукового показателя стеатоза (St_avg) на основе двух переменных затухания и рассеивания ультразвукового сигнала.

Для выполнения поставленной цели были определены задачи исследования:

- провести сравнительный анализ стадий фиброза печени, определенных методами эластографии сдвиговой волны и транзистентной эластографии, с оценкой степени согласованности (коэффициент Каппа Коэна, анализ Бленда – Алтмана);
- выявить факторы (наличие стеатоза, индекс массы тела, стадия фиброза), ассоциированные с расхождениями между двумя методами эластометрии, с использованием однофакторного и многофакторного логистического регрессионного анализа;
- оценить согласованность различных методов стеатометрии при определении наличия и степени стеатоза печени;

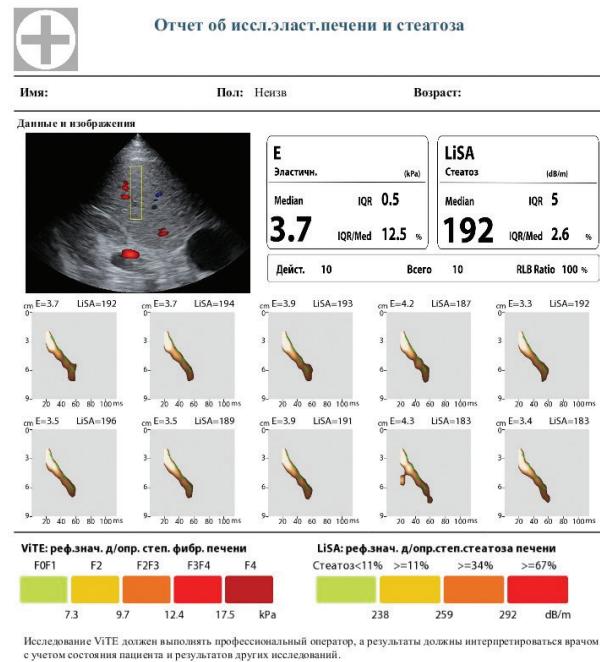


Рис. 1. Стандартизированный отчет о комплексном исследовании по методике транзистентной эластографии (TE) и стеатометрии на основе контролируемого параметра затухания ультразвукового сигнала (CAP)

- сформировать на основе двух показателей стеатометрии при ультразвуковом исследовании интегральный ультразвуковой показатель стеатоза (St_avg) на основе усреднения параметров затухания и рассеивания (ATS и BCS) и оценить его диагностическую значимость по сравнению с контролируемым параметром затухания ультразвукового сигнала (CAP).

Материалы и методы

Проведено проспективное сравнительное исследование, в которое включены 113 пациентов. Средний возраст составил 58.0 ± 15.0 года, медиана – 60 лет (межквартильный размах (IQR) 46–70); ИМТ – 29.0 ± 5.5 кг/м², медиана – 28.7 кг/м² (IQR 25.8–31.8). Распределение по полу: мужчины – 51.3%, женщины – 48.7%; статистически значимых различий не выявлено ($p = 0.78$).

Распределение по категориям ИМТ: нормальная масса тела – у 19.5% пациентов, избыточная масса – у 45.1%, ожирение – у 35.4%. Различия между категориями статистически значимы (χ^2 , $p < 0.001$), что свидетельствует о преобладании пациентов с избыточной массой тела и ожирением.

Всем пациентам выполнены следующие исследования:

- VCTE на аппарате Hepatus (Mindray) для оценки жесткости печени (кПа) с пересчетом в стадии фиброза (F0–F4) и показателя CAP для оценки стеатоза (рис. 1);
- SWE на аппарате Samsung V8-RUS (Samsung Medison Co) для оценки жесткости печени с пересчетом в стадии фиброза (F), а также параметров стеатоза: S (фракция жира),

Брюш. пол.									
Размер	158.00 cm			Вес	63.00 kg				
ВЗТ ВСТ Жировая фракция : < 3.00%									
ВЗТ		Сред. 0.62 Средин. арт. 0.63 МКР 0.09 IQR/Сред. 13.64			ВСТ		Сред. 82.19 Средин. арт. 82.29 МКР 2.23 IQR/Сред. 2.71		
ОИ	Значение (dB/cm/MHz)			R²	ОИ	Значение			
1	0.58			0.85	1	80.30			
2	0.63			0.87	2	82.29			
3	0.67			0.89	3	83.86			
4	0.64			0.85	4	81.79			
5	0.57			0.83	5	82.69			
S-Shearwave Imaging									
Эластичность [Область A]									
Сред. : 4.05кПа / 1.15m/s					Средин. арт. : 3.89кПа / 1.14m/s				
МКР : 0.72кПа / 0.10m/s					IQR/Сред. : 18.5% / 8.7%				
ОИ	Сред.		СтандОткл		Мин., макс.		Диаметр		RMI
	кПа	м/с	кПа	м/с	кПа	м/с	см		
1	4.60	1.23	1.44	0.18	2.20 - 8.82	0.86 - 1.71	1.00	1.00	0.50
2	3.77	1.11	1.04	0.15	1.87 - 7.00	0.79 - 1.53	1.00	1.00	0.46
3	3.73	1.11	0.75	0.11	2.70 - 5.90	0.95 - 1.40	1.00	1.00	0.54
4	5.09	1.28	2.10	0.24	3.11 - 11.03	1.02 - 1.92	1.00	1.00	0.61
5	4.25	1.18	1.38	0.18	2.34 - 10.47	0.88 - 1.87	1.00	1.00	0.50
6	3.68	1.10	0.69	0.10	2.50 - 7.11	0.91 - 1.54	1.00	1.00	0.62
7	3.89	1.14	0.53	0.08	3.01 - 5.48	1.00 - 1.35	1.00	1.00	0.63
8	4.04	1.16	0.71	0.10	2.82 - 5.96	0.97 - 1.41	1.00	1.00	0.74
9	3.44	1.07	1.09	0.15	2.63 - 7.05	0.94 - 1.53	1.00	1.00	0.68
Диагност:					Оператор:				

Диагност:

Оператор:

05-02-2026

- 1 -

Рис. 2. Стандартизированный отчет по методике двухмерной/точечной эластографии сдвиговой волной и стеатометрии на основе контролируемого параметра затухания с комбинированными данными на основе затухания и рассеивания ультразвукового сигнала (SWE и ATS+BSC)

ATS и BCS (ультразвуковые показатели жировой инфильтрации, основанные на принципе затухания и рассеивания ультразвуковых волн) (рис. 2).

Данные обрабатывали стандартными методами описательной статистики: для количественных признаков использовали средние, медианы, межквартильные размахи; для категориальных – абсолютные и относительные частоты. Категории сравнивали по χ^2 или точному критерию Фишера (если ожидаемых частот было меньше пяти). Для количественной оценки согласованности между аппаратами применяли коэффициент Каппа Коэна (невзвешенный, линейно взвешенный и квадратично взвешенный). Для визуальной оценки согласованности построены тепловая карта распределения стадий фиброза, а также график распределения величины расхождений. Для оценки систематического смещения и границ согласия между методами выполнен анализ Бленда – Альтмана.

Для оценки факторов, влияющих на вероятность несовпадения результатов эластометрии, выполнен логистический регрессионный анализ (однофакторный и многофакторный). В качестве зависимой переменной использовали бинарный показатель несовпадения стадий фиброза, в качестве независимых переменных – наличие стеатоза по CAP, индекс массы тела и стадию фиброза по методу VCTE.

Для оценки различий интегрального ультразвукового показателя стеатоза $St_avg = (ATS + BCS) / 2$ между группами с наличием и отсутствием стеатоза печени применялся непараметрический критерий Манна – Уитни. Для оценки диагностической значимости St_avg проводился ROC-анализ с определением площади под кривой (Area Under the Curve, AUC), чувствительности и специфичности.

Результаты

Сравнение показателей стеатоза по его наличию, степени и количеству жира (по данным CAP и ATS + BCS) и оценка согласованности методов

Проведена оценка согласованности методов, используя параметр фракции жира (ATS + BCS, Samsung V8-RUS) и показателя жира по CAP (Hepatus) в соответствии с пороговыми значениями: < 11% – отсутствие стеатоза (S0), 11–34% – S1, 34–67% – S2, > 67% – S3.

Установлено, что совпадение методов в определении наличия стеатоза (бинарная оценка: есть/нет) наблюдалось в большинстве случаев. Частота совпадений при отсутствии стеатоза составила 87%, при наличии – 76%.

Процент совпадений обоих методов при градации по степени стеатоза был существенно ниже и составил около 50%: невзвешенный коэффициент Каппа Коэна – 0.3, что соответствует слабому уровню согласованности, взвешенный коэффициент Каппа Коэна – 0.5 (умеренная согласованность). Степень согласованности методов прогрессивно снижалась с увеличением выраженности жировой инфильтрации, однако статистически значимых различий не получено ($p = 0.21$). Расхождение по степени стеатоза на одну стадию отмечалось у 15%, на две стадии и более – у 5%. Среднее значение ΔF составило 0.4 стадии, медиана – 0. Распределение значений Δ статистически значимо смещено в сторону нулевых значений (критерий Вилкоксона, $p < 0.001$), что однако подтверждает высокую согласованность методов. Анализ зависимости частоты расхождений по наличию или отсутствию стеатоза от категории ИМТ не выявил статистически значимых различий (χ^2 , $p = 0.73$).

Для повышения точности оценки стеатоза и уменьшения вариабельности отдельных параметров был сформирован комбинированный показатель, представляющий собой среднее значение между показателями затухания и рассеивания ультразвуковой волны (ATS + BCS): $St_avg = (ATS + BCS) / 2$. Данный показатель рассматривался как интегральная характеристика стеатоза по данным ультразвуковой системы Samsung V8-RUS. В качестве критерия сопоставления наличия стеатоза использовали CAP в бинарном виде: отсутствие стеатоза – категория 1, наличие стеатоза – категории 2–4.

Для оценки различий значений St_avg между группами (наличие и отсутствие стеатоза) применялся непараметрический критерий Манна – Уитни. Установлено, что значения интегрального комбинированного показателя St_avg были выше у пациентов с наличием стеатоза по сравнению с пациентами без жировой инфильтрации печени. Медианные значения St_avg в группе без стеатоза были ниже, тогда как в группе с наличием стеатоза наблюдалось их статистически значимое повышение (рис. 3). Различия между группами оказались статистически значимыми ($p < 0.001$).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что методы стеатометрии демонстрируют высокую согласованность при выявлении наличия жировой инфильтрации печени, однако имеют ограниченную воспроизводимость при оценке степени стеатоза. Выявленные различия носят преимущественно градуировочный характер и не связаны с неспособностью методов определять наличие стеатоза.

Количественная оценка согласованности методов SWE и VCTE в отношении наличия фиброза и его стадии

По данным VCTE ($n = 111$) преобладали стадии F0–F1 (67%), тогда как стадии F2–F4 выявлены у 33% пациентов. В основной подвыборке ($n = 96$) совпадение стадий фиброза между VCTE и SWE составило 83%, расхождения – 17%. Частота совпаде-

Таблица 1

Сопряженность стадий фиброза, определенных по данным эластометрии на аппаратах E (методом SWE) и F (методом VCTE), n = 96

SWE\TE	F0	F1	F2	F3	F4	Всего
F0	32	8	0	0	0	40
F1	18	23	2	0	0	43
F2	2	3	4	0	1	10
F3	0	0	0	1	2	3
F4	0	0	0	0	0	0
Всего	52	34	6	1	3	96

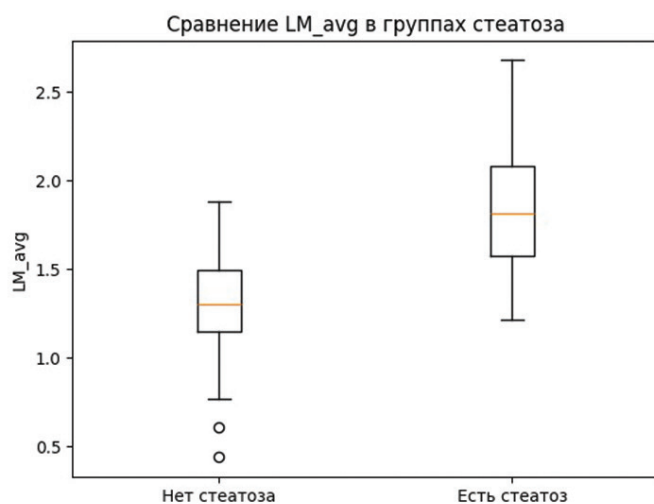


Рис. 3. Сравнение значений комбинированного показателя стеатоза (St_avg) в группах с наличием и отсутствием стеатоза по данным метода CAP (контролируемый параметр затухания ультразвукового сигнала), где LM_avg – St_avg, O – CAP

ний статистически значимо превышала частоту расхождений (χ^2 , $p < 0.001$). В структуре расхождений различия на ± 1 стадию наблюдались в 81%, на 2 стадии и более – в 19% случаев ($p = 0.02$). Систематического смещения между методами не выявлено ($p = 0.64$).

Точное совпадение стадий фиброза при определении обоими методами, после перекодировки значений жесткости печени в стадии фиброза в соответствии с пороговыми значениями, указанными для каждого метода, отмечено у 60 пациентов (62.5%), расхождение на одну стадию – у 33 (34.4%), на две стадии – у 3 (3.1%) (невзвешенный коэффициент Каппа Коэна – 0.384 (95% доверительный интервал (ДИ) 0.230–0.538, $p < 0.001$), что соответствует умеренной согласованности; взвешенный коэффициент Каппа Коэна – 0.504 (95% ДИ 0.362–0.647, $p < 0.001$); квадратично взвешенный коэффициент Каппа Коэна – 0.663 (95% ДИ 0.517–0.809, $p < 0.001$), что свидетельствует о хорошей межметодовой сопоставимости при учете порядкового характера шкалы фиброза (стадии фиброза).

Анализ сопряженности (табл. 1) показал, что наибольшее число совпадений наблюдалось в зонах низкого и умеренного фиброза. Основная часть наблюдений располагалась по диагонали, что отражает высокую степень совпадения результатов между методами. В отдельных случаях отмечалось перераспределение между соседними стадиями F1 и F2. Расхождения более чем на одну стадию встречались редко. При высоких стадиях фиброза число наблюдений было меньше, что ограничивает точность оценки согласованности в этой подгруппе, однако грубые расхождения (более чем на две стадии) отсутствовали.

Анализ Бленда – Альтмана показал, что систематического завышения или занижения ни у одного из методов нет (разница в среднем – 0.76 кПа) (рис. 4). Однако, чем жестче была ткань печени (то есть чем выраженнее фиброз), тем шире становился разброс между измерениями. Эти данные могут свидетельствовать о том, что при неоднородности ткани печени, например при далеко зашедшем фиброзе, аппараты начинают «видеть» картину по-разному.

С учетом полученных данных можно сделать вывод, что методы VCTE и SWE демонстрируют статистически значимую согласованность при оценке стадий фиброза печени. При этом невзвешенный каппа-коэффициент отражает лишь умеренное совпадение категорий, тогда как взвешенный, учитывающий порядковый характер шкалы (стадия фиброза), показывает

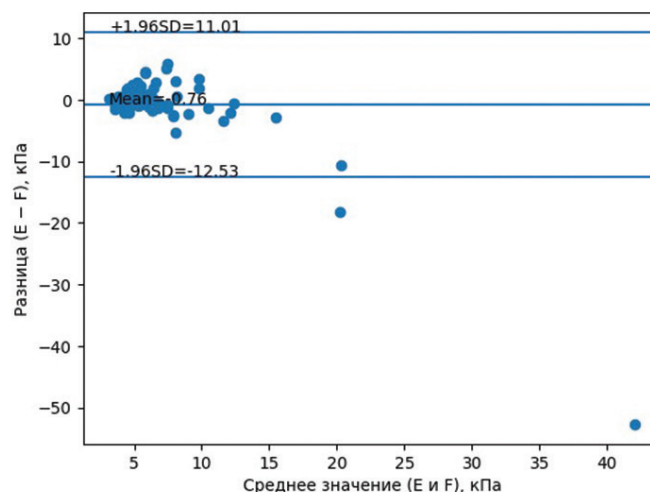


Рис. 4. Анализ по методу Бленда – Альтмана согласованности показателей жесткости печени (кПа), полученных на аппаратах E (методом SWE) и F (методом VCTE), n = 96

умеренно хорошую и хорошую согласованность. Это означает, что в большинстве случаев расхождения между методами носят ограниченный характер и не выходят за пределы одной стадии, что может рассматриваться как приемлемая межметодовая вариабельность.

Оценка влияния наличия стеатоза, ИМТ и стадии фиброза на несовпадение результатов относительно фиброза

Для оценки факторов, влияющих на вероятность несовпадения результатов эластометрии между методами VCTE и SWE, был выполнен логистический регрессионный анализ. В качестве зависимой переменной использован бинарный показатель несовпадения стадий фиброза, а в качестве независимых переменных – наличие стеатоза (по данным VCTE), ИМТ и стадия фиброза (по данным VCTE). Анализ выполнен с учетом 96 наблюдений.

В однофакторном анализе наличие стеатоза было ассоциировано с увеличением вероятности несовпадения между методами (ОШ 3.88, $p = 0.006$). ИМТ также демонстрировал статистически значимую связь с расхождением результатов (ОШ 1.11 на 1 кг/м²; $p = 0.017$). Степень фиброза по референсному методу F (VCTE) статистически значимого влияния на результаты не оказывала (ОШ 1.25; $p = 0.335$).

В многофакторной логистической модели, включавшей стеатоз, ИМТ и стадию фиброза, модель в целом оставалась статистически значимой ($p = 0.014$). Наиболее выраженная ассоциация сохранялась для стеатоза (ОШ 2.92, 95% ДИ 0.88–9.70, $p = 0.081$), однако формальной статистической значимости она не достигла. ИМТ и степень фиброза независимого влияния на вероятность несовпадения не продемонстрировали ($p = 0.365$ и $p = 0.281$ соответственно) (табл. 2).

Логистический регрессионный анализ факторов, ассоциированных с несовпадением результатов VCTE и SWE

Переменная	Однофакторный анализ, ОШ	p	Многофакторный анализ, ОШ	95% ДИ	p
Стеатоз (есть или нет)	3.88	0.006	2.92	0.88–9.70	0.081
ИМТ, кг/м ²	1.11	0.017	1.05	0.95–1.16	0.365
Стадия фиброза F1	1.25	0.335	1.31	0.80–2.12	0.281

Обсуждение

Наши результаты демонстрируют умеренную и хорошую согласованность двух основных неинвазивных методов диагностики фиброза и стеатоза печени – SWE и VCTE. Выявлена ключевая роль стеатоза как фактора, влияющего на вариабельность измерений. Предложен и валидирован комбинированный показатель стеатоза St_avg, повышающий точность диагностики жировой инфильтрации печени. Установлено, что невзвешенный коэффициент Каппа Коэна между методами E и F составил 0.384 (95% ДИ 0.230–0.538), что соответствует умеренной согласованности. При использовании квадратично взвешенного каппа-коэффициента значение возросло до 0.663 (95% ДИ 0.517–0.809), что свидетельствует о хорошей согласованности с учетом порядкового характера шкалы фиброза (стадии фиброза). Важно отметить, что в подавляющем большинстве случаев (96.9%) расхождения между методами не превышали одной стадии фиброза. Эти данные согласуются с результатами крупного систематического обзора и метаанализа E.A. Selvaraj и соавт., включившего 207 исследований с более чем 80 000 пациентов, который показал, что различные методы эластографии (VCTE, точечная эластография сдвиговой волной (pSWE), двумерная эластография сдвиговой волной (2D-SWE)) демонстрируют сопоставимую диагностическую точность при определении значительного и выраженного фиброза печени у пациентов с НАЖБП [2]. Авторы метаанализа сообщают, что чувствительность 88–91% достигается при использовании пороговых значений 7.18 кПа для VCTE, 3.2 кПа для pSWE и 4.92 кПа для 2D-SWE, причем статистически значимых различий в чувствительности между методами не выявлено. Это подтверждает наше заключение о клинической сопоставимости исследуемых методов, несмотря на различия в физических принципах измерений. В работе G. Ferraioli и соавт. [5], посвященной оценке 2D-SWE с помощью системы Aplio i800, также продемонстрирована высокая корреляция результатов 2D-SWE и транзитивной эластографии ($r = 0.87$, $P < 0.0001$) [5]. Авторы показали, что AUC для стадирования значительного фиброза ($\geq F2$) и выраженного фиброза (F3–F4) составила 0.97 для обоих порогов, что подтверждает высокую диагностическую точность методов эластографии. Анализ методом Бленда – Альтмана в нашем исследовании продемонстрировал отсутствие систематического смещения между методами (средняя разница – 0.76 кПа) при расширении границ согласия при высоких значениях жесткости печени. Сходные результаты были получены в исследованиях отечественных авторов [3, 6], где показатели упругости, измеренные на отечественной ультразвуковой системе «Ангиодин», коррелировали с данными, полученными на аппарате «Фиброскан», однако отличались большей стабильностью и компактностью. Было отмечено, что вариантность показателей упругости на «Ангиодин» была в два раза ниже, чем на «Фиброскан» (0.43 против 1.04, $p < 0.001$).

В работе Р.М. Брехунец и соавт. [7] показано, что различные неинвазивные методы для диагностики НАЖБП демонстрируют разную диагностическую точность, причем наличие

стеатоза может влиять на результаты фиброэластометрии [8]. Авторы сообщают, что неинвазивный расчетный показатель, который помогает оценить риск выраженного фиброза (индекс FIB-4) при пороговом значении > 1.94 показал AUC 0.643 для дифференцировки выраженного фиброза и цирроза (F3–F4), что указывает на ограничения непрямых методов в условиях метаболических нарушений.

В консенсусных документах Всемирной федерации ультразвука в медицине и биологии (World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology, WFUMB) под редакцией G. Ferraioli и R.G. Barr (2018, 2024) особое внимание уделяется факторам, влияющим на точность эластографии, включая стеатоз печени, глубину измерения и частоту датчика [8]. В монографии 2024 г. под редакцией R.G. Barr и G. Ferraioli детально разбираются протоколы корректного выполнения эластографии и факторы, снижающие надежность измерений [9].

Анализ методов стеатометрии в нашем исследовании показал, что согласованность при определении наличия стеатоза является высокой (80–85%), однако при оценке степени стеатоза она значительно снижается (около 50%, невзвешенный каппа-индекс ≈ 0.3). Это различие статистически значимо ($p < 0.01$) и указывает на принципиальную проблему градации жировой инфильтрации с помощью различных ультразвуковых технологий. В исследовании R. Cannella и соавт. [10] с использованием ультразвукового параметра затухания (Ultrasound-Guided Attenuation Parameter, UGAP) и 2D-SWE у пациентов с метаболически ассоциированной жировой болезнью печени ($n = 100$) показано, что AUC для диагностики стеатоза более чем 2-й степени составил 0.828, а внутриоператорская воспроизводимость UGAP была отличной (ICC 0.95). При этом согласованность между различными методами оценки степени стеатоза была умеренной, что согласуется с данными настоящего исследования.

Для повышения точности оценки стеатоза нами был предложен комбинированный показатель $LM_avg = (L + M) / 2$. Статистически значимые различия этого показателя между группами с наличием и отсутствием стеатоза ($p < 0.001$) подтверждают его диагностическую информативность. Интеграция нескольких ультразвуковых параметров позволяет нивелировать вариабельность отдельных измерений и повысить точность диагностики. А.В. Борсуков и соавт. [11] также разработали алгоритм количественной ультразвуковой стеатометрии печени, подтвердив его высокую чувствительность, специфичность и воспроизводимость. Эти данные подтверждают обоснованность нашего подхода к созданию интегрального показателя LM_avg. Использование комбинированных параметров позволяет не только повысить точность диагностики, но и уменьшить влияние технических и физиологических факторов, включая вариабельность, связанную с оператором, аппаратом и индивидуальными особенностями пациента.

В нашем исследовании не выявлено статистически значимой зависимости между степенью фиброза и наличием или степенью стеатоза ($p = 0.774$). У пациентов с отсутствием фиброза или его минимальной выраженностью (F0–F1) стеатоз выявлен в 64.0% случаев, тогда как в группе клинически значимого фиброза (F2–F4) – в 54.5% случаев (различия незначимы).

Ограничения исследования

При интерпретации результатов необходимо учитывать ряд ограничений. Во-первых, относительно небольшой объем выборки, особенно в подгруппах с высокими стадиями фиброза (F3–F4) и ожирением, что могло повлиять на статистическую мощность некоторых сравнений. Во-вторых, отсутствие биопсии печени как референсного стандарта, хотя использование валидированных неинвазивных методов в качестве референсных является общепринятой практикой в сравнительных исследованиях эластографии. В-третьих, технические различия между используемыми аппаратами, включая разные физические принципы генерации сдвиговых волн и частоты ультразвуковых датчиков, могли внести дополнительную вариабельность в результаты. Исходя из представленных данных научной литературы, при проведении стеатометрии частота ультразвуковых волн является критическим параметром, влияющим на результаты измерений. Однако не все публикации содержат эту информацию, что затрудняет метаанализ и сравнение данных. В данном исследовании этот фактор учтен при интерпретации результатов.

Клинические перспективы

Полученные результаты имеют важное клиническое значение. Во-первых, они подтверждают, что методы эластографии сдвиговой волной и транзитной эластографии могут рассматриваться как взаимодополняющие, однако не являются полностью взаимозаменяемыми. При интерпретации результатов у пациентов со стеатозом следует учитывать возможное увеличение вариабельности измерений. Во-вторых, предложенный комбинированный показатель LM_avg представляет собой простой и доступный метод повышения точности диагностики стеатоза, который может быть внедрен в клиническую практику без дополнительных экономических затрат. В соответствии с рекомендациями крупного метаанализа E.A. Selvaraj и соавт. [2] для скрининга низкого риска NAFLD могут использоваться пороговые значения VCTE < 7 кПа, pSWE < 3 кПа и 2D-SWE < 5 кПа, что обеспечивает чувствительность около 90% [2]. Наши данные подтверждают целесообразность использования различных пороговых значений в зависимости от применяемого метода, а также необходимость учета наличия стеатоза при интерпретации результатов эластометрии. Как подчеркивается в руководствах R.G. Barr и G. Ferraioli для надежной оценки фиброза печени необходимо строго соблюдать протокол исследования, учитывать возможные артефакты и факторы, влияющие на измерения [9]. Наше исследование подтверждает, что стеатоз является одним из ключевых таких факторов. Использование комбинированных параметров стеатометрии позволяет повысить точность диагностики и может рассматриваться как перспективное направление в оценке жировой инфильтрации печени, что соответствует современной тенденции к мультипараметрическому подходу в ультразвуковой диагностике диффузных заболеваний печени.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование.

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Литература

1. Biris A.I. et al. Non-invasive ultrasound diagnostic techniques for steatotic liver disease and focal liver lesions: 2D, Colour Doppler, 3D, Two-Dimensional Shear Wave Elastography (2D-SWE), and Ultrasound-Guided Attenuation Parameter (UGAP) // Cureus. – 2024. – V. 16. – No. 10. – P. e72087. DOI: 10.7759/cureus.72087
2. Selvaraj E.A. et al. Diagnostic accuracy of elastography and magnetic resonance imaging in patients with NAFLD: a systematic review and meta-analysis // J. Hepatol. – 2021. – V. 75. – No. 4. – P. 770–785. DOI: 10.1016/j.jhep.2021.04.044
3. Тарасова О.И. и др. Оценка эффективности ультразвуковой сдвиговой эластометрии и стеатометрии печени // Терапевтический архив. – 2020. – Т. 92. – № 4. – С. 17–22. [Tarasova A.A. et al. Evaluation of the effectiveness of ultrasound shear elastography and liver steatometry // Therapeutic Archive. – 2020. – V. 92. – No. 4. – P. 17–22. In Russian]. DOI: 10.26442/00403660.2020.04.000497
4. Yang J. et al. Comparison of visual transient elastography and shear wave elastography in evaluating liver fibrosis in patients with chronic liver disease // Int. J. Gen. Med. – 2021. – No. 14. – P. 3553–3561. DOI: 10.2147/IJGM.S319101
5. Ferraioli G. et al. Performance and cutoffs for liver fibrosis staging of a two-dimensional shear wave elastography technique // Eur. J. Gastroenterol. Hepatol. – 2021. – V. 33. – No. 1. – P. 89–95. DOI: 10.1097/MEG.0000000000001702
6. Зыкин Б.И. и др. Значение цветового картирования жесткости печеночной ткани при проведении исследования с помощью эластографии сдвиговой волной у больных гепатитом С // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2013. – № 5. – С. 24–30. [Zykin B.I. et al. Value of liver color stiffness mapping with shear wave elastography in patients with hepatitis C // Ultrasound and Functional Diagnostics. – 2013. – No. 5. – P. 24–30. In Russian]
7. Брехунец Р.М. и др. Диагностическая точность предиктивных индексов оценки стеатоза и фиброза печени в сравнении с транзитной эластографией у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени // Медицинский совет. – 2025. – Т. 19. – № 23. – С. 113–119. [Brekhunets R.M. et al. Diagnostic accuracy of predictive indices for assessing liver steatosis and fibrosis in comparison with transient elastography in patients with non-alcoholic fatty liver disease // Medical Council. – 2025. – V. 19. – No. 23. – P. 113–119. In Russian]. DOI: 10.21518/ms2025-225
8. Ferraioli G. et al. WFUMB Guideline/Guidance on liver multiparametric ultrasound: Part 1. Update to 2018 Guidelines on liver ultrasound elastography // Ultrasound Med. Biol. – 2024. – V. 50. – No. 8. – P. 1071–1087. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2024.03.013
9. Roccarina D. et al. The role of ultrasound in portal hypertension. In: Barr R.G., Ferraioli G., eds. Multiparametric ultrasound for the assessment of diffuse liver disease: a practical approach. – 1st ed. – Philadelphia, PA: Elsevier. – 2022. – V. 8. – P. 125–152
10. Cannella R. et al. Performance of ultrasound-guided attenuation parameter and 2D shear wave elastography in patients with metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease // European Radiology. – 2025. – V. 35. – No. 4. – P. 2339–2350. DOI: 10.1007/s00330-024-11076-w
11. Шестакова Д.Ю. и др. Правила проведения количественной ультразвуковой стеатометрии печени: разработка методики и оценка ее чувствительности, специфичности, воспроизводимости // Альманах клинической медицины. – 2024. – Т. 52. – № 7. – С. 351–366. [Shestakova D.Yu. et al. An algorithm for quantitative ultrasound steatometry of the liver: development of the technique and evaluation of its sensitivity, specificity, and reproducibility // Almanac of Clinical Medicine. – 2024. – V. 52. – No. 7. – P. 351–366. In Russian]. DOI: 10.18786/2072-0505-2024-52-037