

А.В. БОРСУКОВ, Д.А. ДОРОШЕНКО, А.И. СКУТАРЬ
**ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ЭЛАСТОМЕТРИИ ПЕЧЕНИ
У БОЛЬНЫХ С СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИИ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

Ключевые слова: печень, эластометрия, фиброз, кардиальный цирроз, сердечная недостаточность, сердечно-печеночный синдром, эластография сдвиговых волн, неинвазивный метод.

На сегодняшний день сердечная недостаточность остаётся одной из наиболее важных проблем общественного здравоохранения. Ведущим патогенетическим механизмом сердечной недостаточности является застой по большому кругу кровообращения, обуславливающий поражение одного из главных органов-мишеней – печени. Длительный застой в печени в совокупности с гипоперфузией гепатоцитов со временем приводит к фиброзу печени с последующей трансформацией в так называемый «кардиальный цирроз». «Золотым стандартом» диагностики поражения печени остаётся биопсия с последующим исследованием биоптата, однако существует ряд ограничений, рисков, абсолютных и относительных противопоказаний, ввиду которых проведение инвазивной диагностической процедуры в рутинной клинической практике невозможно. В последние годы в медицинском сообществе большое внимание уделяется инновационному неинвазивному методу диагностики фиброза печени – ультразвуковой эластометрии. На сегодняшний день существует несколько видов данной методики, наиболее часто используемых в клинической практике: транзитная эластометрия, точечная эластометрия, двумерная эластография сдвиговых волн. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки.

Цель – изучение и сравнение диагностической эффективности (чувствительности, специфичности и точности) различных видов ультразвуковой эластометрии в диагностике фиброза печени у кардиологических пациентов в зависимости от стадии сердечной недостаточности.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе отделения диагностических и малоинвазивных технологий Клинической больницы № 1 г. Смоленск в период с октября 2022 г. по март 2023 г. Было обследовано три группы пациентов с сердечной недостаточностью: 1-я группа – пациенты с I стадией заболевания (n = 12), 2-я группа – со II стадией (n = 16), 3-я группа – с III стадией (n = 11), всего 39 человек. Определяли сравнительные возможности транзитной эластометрии печени, точечной эластометрии и двумерной эластографии сдвиговых волн у пациентов с различными стадиями сердечной недостаточности. Оценивали чувствительность, специфичность и точность методов. Использовались методы статистического анализа, обобщение и систематизация информации. Референтным методом выступила мультиспиральная компьютерная томография с количественной оценкой структуры печени, биохимический анализ крови с определением коэффициента де Ритуса и шкала FIB-4.

Результаты. В 1-й группе показатели чувствительности, специфичности и точности статистически не отличались у 3 методов. Во 2-й группе при транзитной эластометрии: чувствительность – 58,1%, специфичность – 67,4%, точность – 61,2%; при точечной эластометрии: чувствительность – 64,7%, специфичность – 82,6%, точность – 76,3%; при двумерной эластографии сдвиговых волн: чувствительность – 87,4%, специфичность – 93,1%, точность – 90,8%. В 3-й группе при транзитной эластометрии исследование оказалось неинформативно, при точечной эластометрии: чувствительность – 48,6%, специфичность – 60,1%, точность – 52,3%; при двумерной эластографии сдвиговых волн: чувствительность – 85,1%, специфичность – 92,3%, точность – 88,4%.

Выводы. 1. У пациентов с сердечной недостаточностью I стадии выбор строго определенной методики эластометрии непринципиален, так как показатели у всех

трех методов статистически не различались. Для пациентов с сердечной недостаточностью II и III стадий предпочтительно использование эластометрии сдвиговых волн, причем на поздней стадии (III стадия) диагностическая эффективность двумерной эластографии сдвиговых волн выше, чем у точечной эластометрии. 2. Транзистентная эластометрия менее информативна у больных с сердечной недостаточностью по сравнению с эластометрией сдвиговых волн.

В настоящее время хроническая сердечная недостаточность (ХСН), как осложнение заболеваний сердечно-сосудистой системы, является одной из наиболее актуальных медико-социальных проблем ввиду широкой распространенности, частых регоспитализаций и снижения качества жизни среди кардиологических пациентов [4, 15, 13, 18, 26]. Основными причинами ХСН признаны артериальная гипертензия и ишемическая болезнь сердца, которые зачастую встречаются в комбинации [13, 20, 26].

По данным Российской кардиологического общества в крупном исследовании ЭПОХА-ХСН, распространенность ХСН в Российской Федерации составила 8,2%. По данным Фремингемского исследования, средняя 5-летняя смертность в популяции больных с ХСН составляет 62–65% для мужчин и 42–47% для женщин [13].

В различных исследованиях подтверждено, что коморбидные некардиальные патологии являются прогностически неблагоприятным фактором в клиническом течении ХСН, так как они не только затрудняют диагностику СН и отрицательно влияют на ее клиническое течение, но и увеличивают степень полипрагмазии [8, 15, 30].

Кроме того, ХСН сама по себе является многоуровневым процессом, поражающим различные органы-мишени: головной мозг, сосуды, почки [24, 27, 31, 32]; особенно уязвимым органом является печень ввиду особенности кровоснабжения ткани и ее метаболической активности [1, 10, 19, 33, 35]. Кардиогенное поражение печени обусловило появление в клинической практике термина «сердечно-печеночный синдром» [5, 19]. В его основе лежат два основных механизма нарушения центральной гемодинамики: снижение сердечного выброса, что в последующем ведёт к некрозу гепатоцитов, и увеличение венозного давления, в результате чего увеличивается кровенаполнение печеночных долек [5, 28, 29]. По данным эхокардиографии такое нарушение центрального венозного давления выражается в увеличении размеров и объемов преимущественно правых отделов сердца, недостаточности трикуспидального клапана, расширении диаметра нижней полой вены – как следствие застоя по большому кругу кровообращения [4, 18]. Следствием данных процессов является застойная гепатопатия, которая лабораторно проявляется повышением АЛТ, АСТ, билирубина в сыворотке крови или увеличением концентрации гамма-глутамилтрансферазы и щелочной фосфатазы или их комбинации [13, 34]. Впоследствии на фоне длительных гемодинамических нарушений некроз гепатоцитов сменяется синтезом коллагена и развитием фиброза с последующим переходом в цирроз. Данное явление получило название «кардиальный цирроз» [5, 8, 10, 16, 34].

В настоящее время «золотым стандартом» инструментальной диагностики поражения печени остается биопсия ткани с последующей гистологической оценкой биоптата. Однако метод ограничен в рутинной клинической практике ввиду ряда ограничений: нарушение свёртывающей системы крови, наличие асцита, болезненность и дороговизна процедуры. Кроме того, существует риск инфекции, кровотечения и пункции соседних органов [13, 23, 32].

В современных публикациях в диагностике фиброза печени при ХСН в последнее время особое внимание уделяется инновационному методу ультразвуковой эластометрии, который позволяет неинвазивно оценить жесткость ткани печени на основании его упругоэластических характеристик [2, 3, 14, 33]. Данный метод, являясь относительно молодым, быстро и надежно зарекомендовал себя в клинической практике [5, 6]. Благодаря стремительному развитию современной ультразвуковой аппаратуры, новым технологиям и возможностям программного обеспечения на сегодняшний день существует несколько видов ультразвуковой эластометрии: компрессионная (strain elastography) (в том числе при эндосонографии), транзистентная (TE) и эластография сдвиговых волн (shear wave elastography – SWE), которая, в свою очередь, делится на точечную (point shear wave elastography – pSWE) и двумерную эластографию сдвиговых волн (2D-SWE) [9, 11, 12].

Цель работы – оценить функциональные возможности (чувствительность, специфичность и точность) различных видов эластометрии печени у кардиологических пациентов с различными стадиями сердечной недостаточности.

Материалы и методы. Были обследованы три группы пациентов кардиологического стационара с диагнозом хроническая сердечная недостаточность (классификация Стражеско–Василенко):

I стадия: гемодинамика не нарушена, бессимптомная дисфункция левого желудочка;

IIA стадия: клинические симптомы, нарушение гемодинамики в обоих кругах кровообращения, дезадаптивное ремоделирование;

IIБ стадия: клинические симптомы, структурные изменения органов – мишеней (сердце, легкие, сосуды, головной мозг, почки), финальная стадия ремоделирования;

III стадия: необратимые нарушения гемодинамики в одном из кругов кровообращения, адаптивное ремоделирование.

1-ю группу обследуемых составили пациенты с СН I стадии ($n = 12$); 2-ю группу – с СН II (А, Б) стадии ($n = 16$); 3-ю группу – с СН III стадии ($n = 11$). Всего 39 человек – 20 мужчин и 19 женщин. Средний возраст обследуемых пациентов составил – $65 \pm 2,1$ года. Диагноз был верифицирован на основании анамнестических, клинико-лабораторных и инструментальных данных. Данные о распределении пациентов по полу и возрасту представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общая характеристика пациентов

Группы	Всего		Мужчины		Женщины		Средний возраст, года
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
1-я (пациенты с СН I стадии)	12	30,7	6	15,4	6	15,4	$58 \pm 1,07$
2-я (пациенты с СН II стадии)	16	41,0	9	23,0	7	17,9	$63 \pm 1,97$
3-я (пациенты с СН III стадии)	11	28,2	5	12,8	6	15,4	$68 \pm 2,34$
Всего	39	100	20	51,2	19	48,7	$65 \pm 2,1$

Особенностью исследования было то, что каждой группе пациентов помимо основного диагностического комплекса была проведена стандартизированная методика эластометрии трех принципиально различных методов эластометрии в соответствии с Всемирными рекомендациями по эластографии 2015 г. и Европейскими рекомендациями по эластографии 2017 г. [37]. Комплекс обследования и лечения базировался на стандартных алгоритмах, прописанных в клинических рекомендациях по сердечной недостаточности (2020) [25].

Всем пациентам была проведена комплексная диагностика, включающая в себя трансторакальную эхокардиографию для визуализации и верификации структурных и функциональных изменений сердечно-сосудистой системы и нарушения внутрисердечной гемодинамики, а также для выявления признаков СН (рис. 1).

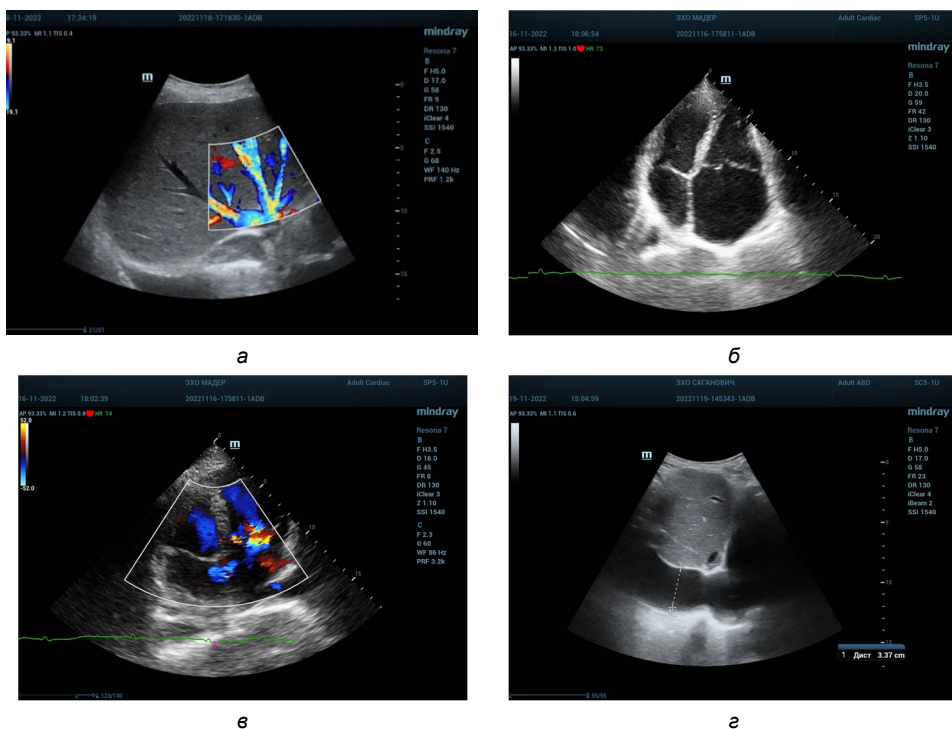


Рис. 1. Признаки сердечной недостаточности по данным эхокардиографии:
 а – ретроградный кровоток в расширенных печеночных венах;
 б – расширение правых отделов сердца; в – регургитация на трикуспидальном клапане;
 г – расширение нижней полой вены

Всем пациентам также проводилось мультипараметрическое ультразвуковое исследование органов брюшной полости в В-режиме с определением стандартных размеров печени, её структуры, контуров, анатомических элементов, экзогенности, с последующей доплеровской оценкой состояния гемодинамики печеночных вен (в частности правой печеночной вены), нижней полой вены (НПВ) и воротной вены; определяли коллабирование НПВ (в норме $\geq 50\%$) на вдохе, а также наличие свободной жидкости в брюшной полости. Показатели, входящие в мультипараметрическое УЗИ, представлены в табл. 2.

Для всех видов эластометрии предполагались аналогичные условия: исследование проводилось натощак после 4-часового голодания. Положение пациента – лежа на спине или на левом боку с поднятой за голову правой рукой, чтобы создать более удобные условия для субкостального сканирования печени и расширения межреберных промежутков при интеркостальном доступе. При проведении исследования датчик и пациент были неподвижны, степень давления датчика на поверхность тела была равномерной и минимальной.

Таблица 2

Стандартизированные показатели мультипараметрического УЗИ у пациентов с СН

Исследование	Режим	Параметры
УЗИ ОБП	В-режим	Размеры печени Структура паренхимы печени Эхогенность паренхимы печени Звукопроводимость Диаметр нижней полой вены, воротной вены и печеночных вен Коллабирование нижней полой вены ($\geq 50\%$) на вдохе Наличие свободной жидкости в брюшной полости
	Цветовое доплеровское картирование	Направление и скорость кровотока в печеночных венах Направление и скорость кровотока в НПВ Направление и скорость кровотока в воротной вене
Эластография печени (TE, pSWE, 2D-SWE)	Жесткость печени, кПа (S6-S7)	
Эхокардиография (стандартный протокол)	Размер + объем правого предсердия Размер + объем правого желудочка Размер левого предсердия Размер левого желудочка (КДО и индекс КДО) Гемодинамика трикуспидального клапана Гемодинамика митрального клапана Фракция выброса ЛЖ по Симпсону TAPSE	

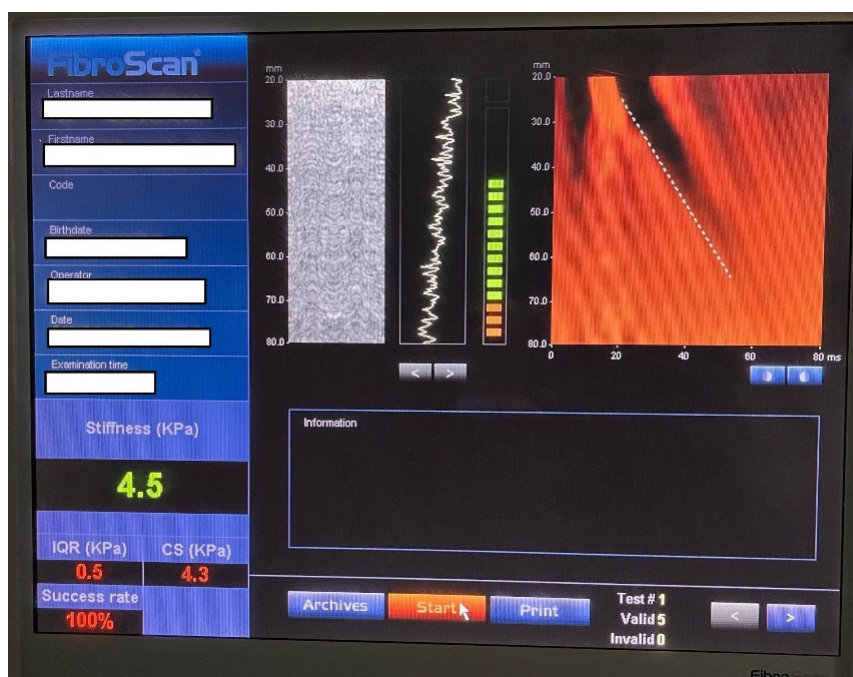


Рис. 1. Транзиентная эластометрия.
Исследуемая область – 6-7 сегмент печени. Показатель 4,5 кПа (F0)

Транзиентную эластометрию (ТЕ) выполняли на аппарате Fibroscan® 502 touch (Echosens, Франция) в проекции правой доли печени на уровне 8-го или 9-го межреберного промежутка по передней или срединной подмышечным

линиям; датчик располагался строго перпендикулярно поверхности тела. Валидными считали исследования при наличии минимум 10 и >60% успешных измерений. Определяли показатель жесткости печени (кПа) и интерквартильный интервал (%). Жёсткость количественно указывала на степень выраженности фиброза в данной области паренхимы печени, где был установлен датчик.

Точечная эластометрия (pSWE) проводилась на аппарате Mindray Resona 7, конвексным датчиком с частотой 3,5–6,5 МГц. Датчик располагался интеркостально, измерения проводились в VII и VIII сегментах под визуальным контролем интересующего отдела паренхимы, на непродолжительной задержке дыхания; зона замера скорости сдвиговых волн (контрольный объем) устанавливалась на глубине 4–6 см от поверхности кожи. Первые 1-2 измерения не учитывались – они необходимы для оптимизации работы датчика. В каждом исследуемом участке производили 5–10 измерений на нескольких задержках дыхания для получения среднего значения скорости сдвиговой волны (рис. 2).

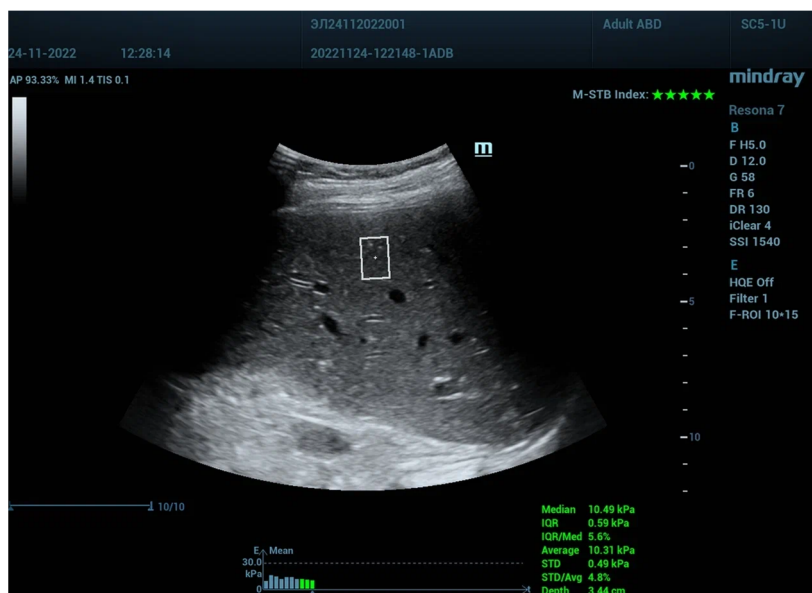


Рис. 2. Точечная эластометрия сдвиговых волн.

Зона измерения установлена на измененную паренхиму печени у пациента с СН II стадии (6 сегмент). Показатель 10,49 кПа (F3)

Двумерная эластография сдвиговых волн (2D-SWE) проводилась на аппарате БИОСС АНГИОДИН СОНО-ПУЛЬТРА конвексным датчиком с частотой 3,5-6,5 МГц интеркостально на непродолжительной задержке дыхания. На фоне двумерного изображения визуализировалась зона интереса прямоугольной формы, размер которой можно было произвольно менять. Ее устанавливали в интересующей области исследования и при стабильном и четком серошкальном изображении включали режим эластографии. Далее происходило окрашивание зоны интереса соответственно цветовой гамме жесткости ткани. Для стабилизации цветокодирования выжидали несколько секунд, затем нажимали клавишу, фиксирующую изображение, и на «замороженном» изображении количественно оценивали полученную цветовую эластограмму (рис. 3).

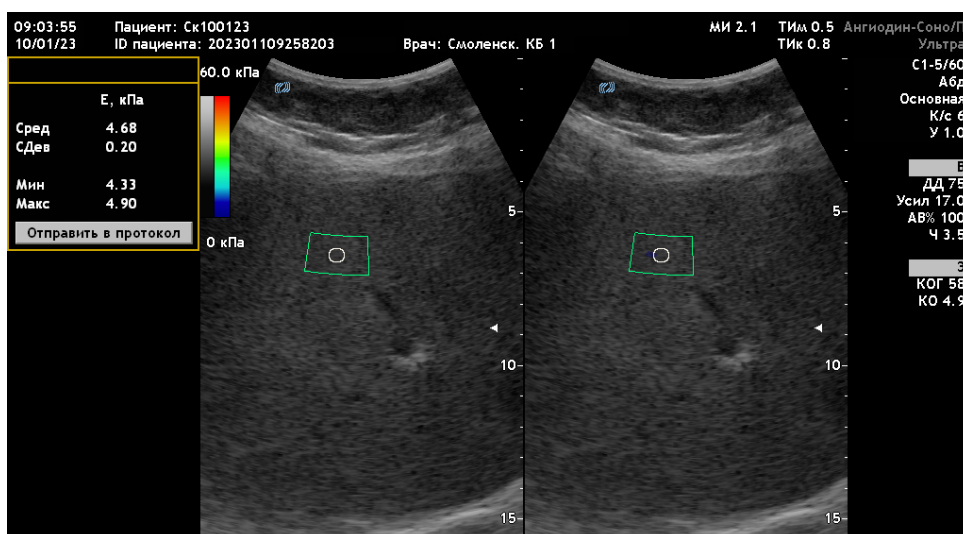


Рис. 3. Эластометрия печени сдвиговой волной (2D-SWE).

Зона измерения установлена на неизмененную паренхиму печени у пациента с СН I стадии (граница 6-7 сегментов). Показатель эластометрии 4,68 кПа (F0-F1)

Статистическая обработка результатов проводилась в базе данных Microsoft Excel 2017. В ходе статистической обработки данных выполнялся расчет статистических показателей: средних величин, стандартных ошибок распределения, стандартных отклонений величины и 95%-ного доверительного интервала.

Результаты исследования и их обсуждение. При интерпретации результатов эластометрии печени у пациентов с сердечной недостаточностью различной стадии была обнаружена следующая закономерность: в 1-й группе (пациенты с СН I стадии) показатели чувствительности, специфичности и точности статистически не отличались при проведении эластометрии тремя различными методами. Во 2-й группе пациентов с СН по данным MCKT, а также биохимических показателей и шкале FIB-4 показатели чувствительности, специфичности и точности статистически отличались у каждого из методов эластометрии. В 3-й группе пациентов с СН метод TE оказался неинформативен, так как технически не удалось провести исследование: из-за выраженного слоя подкожно-жировой клетчатки, выраженного асцита и застойных явлений не удалось дать количественную оценку жесткости печени. Результаты TE, pSWE и 2D-SWE в трёх группах пациентов с СН приведены в табл. 3.

Таблица 3

Диагностическая эффективность разных видов эластометрии у пациентов с СН в зависимости от стадии заболевания

Показатель	Группа	Вид эластометрии		
		TE	pSWE	2D-SWE
Чувствительность, %	1-я	85,6	82,9	87,1
	2-я	58,1	64,7	87,4
	3-я	–	48,6	85,1
Специфичность, %	1-я	82,3	83,4	86
	2-я	67,4	82,6	93,1
	3-я	–	60,1	92,3
Точность, %	1-я	88,1	86,8	90,2
	2-я	61,2	76,3	90,8
	3-я	–	52,3	88,4

Эластометрия в настоящее время является стремительно развивающейся инновационной неинвазивной методикой инструментальной диагностики [7, 22]. По данным Всемирных рекомендаций 2015 г. по эластографии и Европейских рекомендаций 2017 г., а также по мнению мировых и европейских экспертов (2022), применение эластографии безопасно для пациентов, поскольку методика неинвазивна и проста в исполнении. Кроме того, эластография имеет ряд преимуществ: экономическая эффективность, отсутствие риска осложнений, отсутствие тщательной подготовки пациента, безболезненность, быстрота проведения исследования.

При этом важно учитывать индивидуальные факторы у пациентов с ХСН, способные косвенно влиять на результат эластометрии [21, 36]. Так, для первой группы пациентов с СН I стадии показатели всех видов эластометрии существенно не отличались, что может быть объяснено отсутствием грубых структурных повреждений паренхимы печени, способных завышать показатели, ввиду небольшой длительности заболевания, компенсированного состояния, отсутствия асцита и застоя в печени как следствия нарушения центральной гемодинамики; менее выраженной подкожной, внутри- и забрюшинной жировой клетчаткой по сравнению с таковой у пациентов с более длительным течением СН в анамнезе и, как правило, сопутствующим ожирением и сахарным диабетом II типа. Во 2-й и 3-й группах преимущественно лидировал метод эластометрии сдвиговых волн, тогда как ТЕ был менее информативен из-за невозможности визуализации участка паренхимы печени, а, следовательно, – наличия вероятности «попасть» на стенку кровеносного сосуда или протока, получив ложноположительный результат. Кроме того, стеатоз печени и асцит, визуализируемые на МСКТ, также приводили к искажению результатов исследования (преимущественно – завышению) при ТЕ.

У пациентов с ХСН III стадии метод ТЕ был неинформативен. Исследование технически не удалось произвести, так как интересующая область паренхимы печени была недоступна ввиду различных пациентозависимых факторов: одышки, вынужденного положения пациентов «полусидя», изменения формы печени, асцита и застойных явлений в печени. Факторы, влияющие на ТЕ эластометрии, представлены на рис. 4.

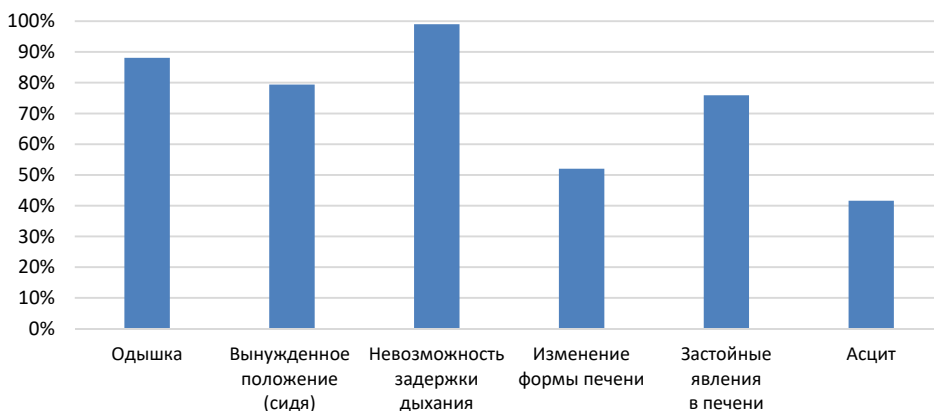


Рис. 4. Факторы, влияющие на диагностическую эффективность ТЕ эластометрии у пациентов с СН III стадии

Более точные показатели продемонстрировала pSWE, однако на искажение показателей также влияли такие пациентозависимые факторы, как внутрипеченочный и подпеченочный холестааз, синдром цитолиза, отраженные в биохимическом анализе крови, повышение внутрибрюшного давления, в меньшей степени – стеатоз. Наиболее достоверным оказался метод 2D-SWE, при котором вероятность ложноположительных и ложноотрицательных результатов оказалась минимальной.

Выводы. 1. У пациентов с СН I стадии выбор строго определенной методики эластометрии непринципиален, так как показатели у всех трех методов эластометрии статистически не различались, однако для пациентов с СН II и III стадий предпочтительно использование эластометрии сдвиговых волн, причем на поздней стадии (III стадия) диагностическая эффективность 2D-SWE выше, чем pSWE.

2. Транзистентная эластометрия менее информативна у больных с СН по сравнению с эластометрией сдвиговых волн.

Литература

1. *Аришева О.С., Гармаш И.В., Сарлыков Б.К.* Распространенность и прогностическое значение поражения печени при хронической сердечной недостаточности // Клиническая фармакология и терапия. 2021. № 30(1). С. 70–74.
2. *Борсуков А.В.* Эластография сдвиговых волн: анализ клинических случаев. М: СИМК, 2022. 468 с.
3. *Борсуков А.В.* Ультразвуковая эластография: как делать правильно. Смоленск: Смоленская городская типография, 2018. 120 с.
4. *Васильев А.Ю., Шахов Б.Е., Петрова Е.Б.* Современная эхокардиографическая оценка состояния миокарда при ИБС. М.: ИКАР, 2022. 268 с.
5. *Васильева Л.Н., Ксенофонтова А.Г., Баюкова С.В.* Сердечно-печеночный синдром: инновационная диагностика методом ультразвуковой эластографии // Acta medica Eurasica. 2022. № 1. С. 9–18.
6. Возможности ультразвуковой эластографии в оценке поражения печени при хронической сердечной недостаточности / *В.Н. Диомидова, Л.Н. Васильева, О.В. Валеева и др.* // Практическая медицина. 2021. Т. 19, № 5. С. 27–32.
7. Возможности применения ARFI-эластографии при диагностике фиброза печени / *П.И. Рыхтик, Е.Н. Рябова, И.В. Шахотина и др.* // Медицинский альманах. 2017. № 1. С. 62–65.
8. *Кобалава Ж.Д., Виллевальде С.В., Соловьева А.Е.* Сердечно-печеночный синдром при сердечной недостаточности: распространенность, патогенез, прогностическое значение // Кардиология. 2016. Т. 56, № 12. С. 1–9.
9. Компрессионная эластография печени: методика, особенности получения эластограмм, анализ ошибок и артефактов (лекция) / *Н.А. Постнова, А.В. Борсуков, Т.Г. Морозова и др.* // Радиология. 2015. № 2. С. 45–54.
10. *Митьков В.В., Митькова М.Д.* Ультразвуковая эластография сдвиговой волной // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 2. С. 94–108.
11. *Морозова Т.Г., Борсуков А.В.* Клиническая эластография органов гепатопанкреатодуоденальной зоны. Смоленск: Смоленская городская типография, 2020. 324 с.
12. *Морозова Т.Г., Борсуков А.В.* Обоснование использования комплексной эластографии при диффузных заболеваниях печени // В мире научных открытий. 2016. № 8. С. 10–27.
13. *Мунхцэцэг Б.* Клинико-прогностическое значение непрямой эластометрии печени при декомпенсации сердечной недостаточности: дис. ... канд. мед. наук. М., 2019. 115 с.
14. Применение эластографии для определения выраженности фиброза печени: результаты регистрационного исследования в России / *С.В. Морозов, Ю.М. Труфанова, Т.В. Павлова и др.* // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2008. Т. 2. С. 40–48.
15. Проблема хронической сердечной недостаточности и приверженности медикаментозному лечению: методы оценки и нерешенные вопросы / *Э.Т. Гусейнова, Н.П. Кутишенко, Ю.В. Лукина и др.* // Клиницист. 2020. Т. 14, № 3. С. 18–28.
16. Прогностическое значение плотности печени при декомпенсации сердечной недостаточности: результаты проспективного наблюдательного исследования, основанные на данных непрямой эластометрии / *А.Е. Соловьева, Ж.Д. Кобалава, С.В. Виллевальде и др.* // Кардиология. 2018. Т. 58, № 10. С. 20–32.

17. Сандриков В.А., Кулагина Т.Ю. Эхокардиография в кардиохирургии. Векторный анализ и внутрисердечные потоки крови. М.: Наш мир, 2022. 608 с.
18. Сторожаков Г.И., Гендлин Г.Е., Резник Е.В. Болеет сердце – страдают почки: кардиоренальный синдром при хронической сердечной недостаточности // Лечебное дело. 2009. № 1. С. 27–36.
19. Ткач С.М. Заболевания печени и печеночная дисфункция у больных с сердечной недостаточностью // Серцева недостатність та коморбідні стани. 2017. № 3. С. 90–96.
20. Точечная эластография сдвиговой волной (ARFI-эластометрия) при хронических диффузных заболеваниях печени невирусной этиологии / Ю.П. Камалов, И.В. Хуторной, Е.Ю. Крыжановская и др. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2018. № 4. С. 33–45.
21. Ультразвуковая эластография печени с технологией затухающего сигнала позволяет оценить степень стеатоза и осуществлять динамическое наблюдение эффективности лечения неалкогольной жировой болезни печени / В.Н. Диомидова, Л.В. Тарасова, Ю.В. Цыганова и др. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2020. № 9. С. 45–54.
22. Фиброз печени: методы диагностики и возможности оценки при сердечной недостаточности / А.А. Балашова, О.С. Аришева, И.В. Гармаш и др. // Клиническая фармакология и терапия. 2017. № 26(3). С. 1–6.
23. Фомин И.В. Эпидемиология хронической сердечной недостаточности в Российской Федерации // Хроническая сердечная недостаточность / [Агеев Ф.Т. и др.]. М.: ГЭОТАР-Медиа 2010. С. 7–77.
24. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://diseases.medelement.com/disease/хроническая-сердечная-недостаточность-у-взрослых-кр-рф-2020/17131>.
25. Хроническая сердечная недостаточность в Российской Федерации: что изменилось за 20 лет наблюдения? Результаты исследования ЭПОХА-ХСН / Д.С. Поляков, И.В. Фомин, Ю.Н. Беленков и др. // Кардиология. 2021. Т. 61, № 4. С. 4–14.
26. Bagshaw S.M., Cruz D.N. Epidemiology of cardiorenal syndromes. *Contrib Nephrol.*, 2010, vol. 165, pp. 68–82.
27. Chon Y.E., Choi E.H., Song K.J. et al. Performance of transient elastography for the staging of liver fibrosis in patients with chronic hepatitis B: a meta-analysis. *PLoS One*, 2012, vol. 7, p. 44930.
28. Felder L., Mund A., Parker Jg. Liver function tests in chronic congestive heart failure. *Circulation*, 1950, vol. 2(2), pp. 286–297.
29. Fuhrmann V., Jager B., Zubkova A., Drolz A. Hypoxic hepatitis – epidemiology, pathophysiology, and clinical management. *Wien Klin. Wochenschr.* 2010, vol. 122(5-6), pp. 129–139.
30. Garcia-Donaire J.A., Ruilope L.M. Cardiovascular and Renal Links along the Cardiorenal Continuum. *Nephrology*, 2013, vol. 17(1), pp. 11–19.
31. Giallourakis C.C. Liver complications in patients with congestive heart failure. *Gastroenterol Hepatol (NY)*, 2013, vol. 9, pp. 244–246.
32. Kwok R., Tse Y.K., Wong G.L. et al. Systematic review with meta-analysis: non-invasive assessment of non-alcoholic fatty liver disease—the role of transient elastography and plasma cytokeratin-18 fragments. *Aliment Pharmacol Ther.* 2014, vol. 39, pp. 254–269.
33. Poelzl G., Auer J. Cardiohepatic syndrome. *Curr Heart Fail Rep.*, 2015, no. 12(1), pp. 68–78.
34. Poelzl G., Ess M., Mussner-Seeber C. Liver dysfunction in chronic heart failure: prevalence, characteristics and prognostic significance. *Eur J Clin Invest*, 2012, vol. 42(2), pp. 153–163.
35. Shah S.C., Sass D.A. A review of liver dysfunction in heart failure. *Liver Res Open J. Cardiac Hepatopathy*, 2015, vol. 1(1), pp. 1–10.
36. Taniguchi T., Sakata Y., Ohtani T. et al. Usefulness of Transient Elastography for Noninvasive and Reliable Estimation of Right-Sided Filling Pressure in Heart Failure. *The American Journal of Cardiology*, 2014, vol. 113, pp. 552–558.
37. WFUMB Guidelines and Recommendations for Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 3. *Liver.*, 2015, vol. 41(5), pp. 1161–1179. DOI: doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.007.

БОРСУКОВ АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ – доктор медицинских наук, профессор, директор Проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленский государственный медицинский университет, России, Смоленск (bor55@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>).

ДОРОШЕНКО ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделением лучевых и функциональных исследований, Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского, России, Москва (drdoroshenko@mail.ru).

СКУТАРЬ АНАСТАСИЯ ИВАНОВНА – аспирантка Проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленский государственный медицинский университет, России, Смоленск (nastya.skutar.96@mail.ru).

Alexey V. BORSUKOV, Dmitry A. DOROSHENKO, Anastasiia I. SKUTAR

DIAGNOSTIC EFFECTIVENESS OF DIFFERENT LIVER ELASTOMETRY METHODS IN PATIENTS WITH HEART FAILURE DEPENDING ON THE STAGE OF THE DISEASE

Key words: liver, elastometry, fibrosis, cardiac cirrhosis, heart failure, cardiohepatic syndrome, shear wave elastography, noninvasive method.

Today, heart failure remains one of the most important public health problems. The leading pathogenetic mechanism of heart failure is stagnation in the systemic circulation, causing affection of one of the main target organs – the liver. Prolonged stagnation in the liver in combination with hypoperfusion of hepatocytes eventually results in liver fibrosis, followed by transformation into the so-called "cardiac cirrhosis". Biopsy with subsequent biopsy material examination remains the "gold standard" to diagnose liver damage, however, there are a number of limitations, risks, absolute and relative contraindications, due to which it is impossible to conduct an invasive diagnostic procedure in routine clinical practice settings. In recent years, medical community has paid much attention to an innovative non-invasive method of diagnosing liver fibrosis – ultrasound elastometry. To date, there are several types of this technique that are most commonly used in clinical practice: transient elastometry, point elastometry, two-dimensional shear wave elastography. Each of these methods has its advantages and disadvantages.

The aim is to study and compare the diagnostic effectiveness (sensitivity, specificity and accuracy) of various types of ultrasound elastometry in diagnosing liver fibrosis in cardiac patients, depending on the stage of heart failure.

Materials and methods. The study was conducted on the basis of diagnostic and minimally invasive technologies department at Clinical Hospital № 1 in Smolensk in the period from October 2022 to March 2023. Three groups of patients with heart failure were examined: Group 1 – patients with stage I of the disease (n = 12), group 2 – with stage II (n = 16), group 3 – with stage III (n = 11), a total of 39 patients. Comparative opportunities of transient liver elastometry, point elastometry and two-dimensional shear wave elastography in patients with various stages of heart failure were determined. The sensitivity, specificity and accuracy of the methods were evaluated. The methods of statistical analysis, generalization, comparison and systematization of data were used. The reference method was multispiral computed tomography with a quantitative assessment of the liver structure, biochemical blood analysis with De Ritis ratio determination and the FIB-4 scale.

Results. In group 1, the sensitivity, specificity and accuracy indices did not differ statistically in 3 methods. In group 2 in transient elastometry: sensitivity made 58.1%, specificity – 67.4%, accuracy – 61.2%; in point elastometry: sensitivity made 64.7%, specificity – 82.6%, accuracy – 76.3%; in two-dimensional shear wave elastography: sensitivity made 87.4%, specificity – 93.1%, accuracy – 90.8%. In group 3, in transient elastometry, the study was uninformative, in point elastometry: sensitivity made 48.6%, specificity – 60.1%, accuracy – 52.3%; in two-dimensional shear wave elastography: sensitivity made 85.1%, specificity – 92.3%, accuracy – 88.4%.

Conclusions. 1. In patients with stage I heart failure, the choice of a strictly defined elastometry technique is not fundamental, since the indicators of all three methods did not differ statistically. For patients with stage II and III heart failure, the use of shear wave elastometry is preferable, wherein at a late stage (stage III), the diagnostic effectiveness of two-dimensional shear wave elastography is higher than that of point elastometry. 2. Transient elastometry is less informative in patients with heart failure compared to shear wave elastometry.

References

1. Arisheva O.S., Garmash I.V., Sarlykov B.K. *Rasprostranennost i prognosticheskoe znachenie porazheniya pecheni pri khronicheskoi serdechnoi nedostatochnosti* [Prevalence and prognostic value of liver damage in chronic heart failure]. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*, 2021, no. 30(1), pp. 70–74.
2. Borsukov A.V. *Elastografiya sdvigovykh voln: analiz klinicheskikh sluchaev* [Shear wave elastography: analysis of clinical cases]. Moscow, SIMK Publ., 2022, 468 p.
3. Borsukov A.V. *Ul'trazvukovaya elastografiya: kak delat' pravil'no* [Ultrasound elastography: how to do it right]. Smolensk, 2018, 120 p.
4. Vasil'ev A.Yu., Shakhov B.E., Petrova E.B. *Sovremennaya ekhokardiograficheskaya otsenka sostoyaniya miokarda pri IBS* [Modern echocardiographic assessment of the state of the myocardium in coronary artery disease]. Moscow, IKAR Publ., 2022, 268 p.
5. Vasil'eva L.N., Ksenofontova A.G., Bayukova S.V. *Serdechno-pechenochnyi sindrom: innovatsionnaya diagnostika metodom ul'trazvukovoi elastografii* [Heart-liver syndrome: innovative diagnosis by ultrasound elastography]. *Acta medica Eurasica*, 2022, no. 1, pp. 9–18.

6. Diomidova V.N., Vasil'eva L.N., Valeeva O.V. et al. *Vozmozhnosti ul'trazvukovoi elastografii v ocenke porazheniya pecheni pri khronicheskoi serdechnoj nedostatochnosti* [Possibilities of ultrasound elastography in the assessment of liver damage in chronic heart failure]. *Prakticheskaja medicina*, 2021, vol. 19, no. 5, pp. 27–32.
7. Rykhtik P.I., Ryabova E.N., Shakhotina I.V. et al. *Vozmozhnosti primeneniya ARFI-elastografii pri diagnostike fibroza pecheni* [The possibilities of using ARFI-elastography in the diagnosis of liver fibrosis]. *Meditsinskii al'manakh*, 2017, no. 1, pp. 62–65.
8. Kobalava Zh.D., Villevalde S.V., Solov'eva A.E. *Serdechno-pechenochnyi sindrom pri serdechnoi nedostatochnosti: rasprostranennost, patogenez, prognosticheskoe znachenie* [Cardiohepatic syndrome in heart failure: prevalence, pathogenesis, prognostic value]. *Kardiologiya*, 2016, vol. 56, no. 12, pp. 1–9.
9. Postnova N.A., Borsukov A.V., Morozova T.G. et al. *Kompressionnaya elastografiya pecheni: metodika, osobennosti polucheniya elastogramm, analiz oshibok i artefaktov (lektsiya)* [Compression elastography of the liver: methodology, features of obtaining elastograms, analysis of errors and artifacts (lecture)]. *Radiologiya*, 2015, № 2, pp. 45–54.
10. Mitkov V.V., Mitkova M.D. *Ul'trazvukovaya elastografiya sdvigovoi volnoi* [Ultrasonic shear wave elastography]. *Ul'trazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika*, 2015, no. 2, pp. 94–108.
11. Morozova T.G., Borsukov A.V. *Klinicheskaya elastografiya organov gepatopancreatoduodenal'noi zony* [Clinical elastography of hepatopancreatoduodenal zone organs]. Smolensk, 2020, 324 p.
12. Morozova T.G., Borsukov A.V. *Obosnovanie ispol'zovaniya kompleksnoi elastografii pri diffuznykh zabolevaniyakh pecheni* [Justification of the use of complex elastography in diffuse liver diseases]. *V mire nauchnykh otkrytii*, 2016, no. 8, pp. 10–27.
13. Munkhtsetseg B. *Kliniko-prognosticheskoe znachenie nepryamoj elastometrii pecheni pri dekompensatsii serdechnoi nedostatochnosti* [Clinical and prognostic value of indirect liver elastometry in decompensated heart failure: Cand. Diss.]. Moscow, 2019, 115 p.
14. Morozov S.V., Trufanova Yu.M., Pavlova T.V. et al. *Primenenie elastografii dlya opredeleniya vyrazhennosti fibroza pecheni: rezultaty registratsionnogo issledovaniya v Rossii* [The use of elastography to determine the severity of liver fibrosis: results of a registration study in Russia]. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2008, vol. 2, pp. 40–48.
15. Guseinova E.T., Kutishenko N.P., Lukina Yu.V. et al. *Problema khronicheskoi serdechnoi nedostatochnosti i priverzhennosti medikamentoznomu lecheniyu: metody otsenki i nereshennyye voprosy* [The problem of chronic heart failure and adherence to medication: assessment methods and unresolved issues]. *Klinitsist*, 2020, vol. 14, no. 3, pp. 18–28.
16. Soloveva A.E., Kobalava Zh.D., Villevalde S.V. et al. *Prognosticheskoe znachenie plotnosti pecheni pri dekompensatsii serdechnoi nedostatochnosti: rezultaty prospektivnogo nablyudatel'nogo issledovaniya, osnovannye na dannykh nepryamoj elastometrii* [Prognostic value of liver density in decompensated heart failure: results of a prospective observational study based on data from indirect elastometry]. *Kardiologiya*, 2018, vol. 28, no. 10S, pp. 20–32.
17. Sandrikov V.A., Kulagina T.Yu. *Ekhokardiografiya v kardiokhirurgii. Vektornyi analiz i vnutriserdechnye potoki krovi* [Echocardiography in cardiac surgery. Vector analysis and intracardiac blood flows], Moscow, Nash mir Publ., 2022, 608 p.
18. Storozhakov G.I., Gendlin G.E., Reznik E.V. *Boleet serdtse – stradayut pochki: kardiorenalnyi sindrom pri khronicheskoi serdechnoi nedostatochnosti* [The heart is sick – the kidneys suffer: cardiorenal syndrome in chronic heart failure]. *Lechebnoe delo*, 2009, no. 1, pp. 27–36.
19. Tkach S.M. *Zabolevaniya pecheni i pechenochnaya disfunktsiya u bolnykh s serdechnoi nedostatochnostyu* [Liver disease and hepatic dysfunction in patients with heart failure]. *Sertseva nedostatnistta komorbidni stani*, 2017, no. 3, pp. 90–96.
20. Kamalov Yu.R., Khutornoi I.V., Kryzhanovskaya E.Yu. et al. *Tochechnaya elastografiya sdvigovoi volnoi (ARFI-elastometriya) pri khronicheskikh diffuznykh zabolevaniyakh pecheni nevirusnoi etiologii* [Point shear wave elastography (ARFI-elastometry) in chronic diffuse liver diseases of non-viral etiology]. *Ul'trazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika*, 2018, no. 4, pp. 33–45.
21. Diomidova V.N., Tarasova L.V., Tsyganova Yu. et al. *Ul'trazvukovaya elastografiya pecheni s tekhnologiei zatukhayushchego signala pozvolyaet otsenit' stepen' steatoza i osushchestvlyat' dinamicheskoe nablyudenie effektivnosti lecheniya nealkogol'noi zhirovoi bolezni pecheni* [Ultrasound elastography of the liver with attenuating signal technology allows to assess the degree of steatosis and to carry out dynamic monitoring of the effectiveness of treatment of non-alcoholic fatty liver disease]. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2020, no. 9, pp. 45–54.
22. Balashova A.A., Arisheva O.S., Garmash I.V. et al. *Fibroz pecheni: metody diagnostiki i vozmozhnosti otsenki pri serdechnoi nedostatochnosti* [Liver fibrosis: diagnostic methods and assessment options in heart failure]. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*, 2017, no. 26(3), pp. 1–6.
23. Fomin I.V. *Epidemiologiya khronicheskoi serdechnoi nedostatochnosti v Rossiiskoi Federatsii* [Epidemiology of chronic heart failure in the Russian Federation]. In: Ageev F.T. et al. *Khronicheskaya serdechnaya nedostatochnost'* [Heart failure and comorbid conditions]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2010, pp. 7–77.

24. *Khronicheskaya serdechnaya nedostatochnost'. Klinicheskie rekomendacii* [Chronic heart failure. Clinical recommendations]. Available at: <https://diseases.medelement.com/disease/хроническая-сердечная-недостаточность-у-взрослых-кр-рф-2020/17131>.
25. Polyakov D.S., Fomin I.V., Belenkov Yu.N. et al. *Khronicheskaya serdechnaya nedostatochnost' v Rossiiskoi Federatsii: chto izmenilos' za 20 let nablyudeniya? Rezul'taty issledovaniya EPOKhA-KhSN* [Chronic heart failure in the Russian Federation: what has changed in 20 years of observation? Results of the EPOCH-CHF study]. *Kardiologiya*, 2021, vol. 61, no. 4, pp. 4–14.
26. Bagshaw S.M., Cruz D.N. *Epidemiology of cardiorenal syndromes. Contrib Nephrol.*, 2010, vol. 165, pp. 68–82.
27. Chon Y.E., Choi E.H., Song K.J., Park J.Y., Kim do Y., Han K.H., Chon C.Y., Ahn S.H., Kim S.U. *Performance of transient elastography for the staging of liver fibrosis in patients with chronic hepatitis B: a meta-analysis. PLoS One*, 2012, vol. 7, pp. 44930.
28. Felder L., Mund A., Parker Jg. *Liver function tests in chronic congestive heart failure. Circulation*, 1950, vol. 2(2), pp. 286–297.
29. Fuhrmann V., Jager B., Zubkova A., Drolz A. Hypoxic hepatitis – epidemiology, pathophysiology, and clinical management. *Wien Klin. Wochenschr.* 2010, vol. 122(5-6), pp. 129–139.
30. Garcia-Donaire J.A., Ruilope L.M. Cardiovascular and Renal Links along the Cardiorenal Continuum. *Nephrology*, 2013, vol. 17(1), pp. 11–19.
31. Giallourakis C.C. Liver complications in patients with congestive heart failure. *Gastroenterol Hepatol (NY)*, 2013, vol. 9, pp. 244–246.
32. Kwok R., Tse Y.K., Wong G.L. et al. Systematic review with meta-analysis: non-invasive assessment of non-alcoholic fatty liver disease—the role of transient elastography and plasma cytotokeratin-18 fragments. *Aliment Pharmacol Ther.* 2014, Vol. 39, pp. 254–269.
33. Poelzl G., Auer J. Cardiohepatic syndrome. *Curr Heart Fail Rep.*, 2015, no. 12(1), pp. 68–78.
34. Poelzl G., Ess M., Mussner-Seeber C. Liver dysfunction in chronic heart failure: prevalence, characteristics and prognostic significance. *Eur J Clin Invest*, 2012, vol. 42(2), pp. 153–163.
35. Shah S.C., Sass D.A. A review of liver dysfunction in heart failure. *Liver Res Open J. Cardiac Hepatopathy*. 2015, vol. 1(1), pp. 1–10.
36. Taniguchi T., Sakata Y., Ohtani T., Mizote I., Takeda Y., Asano Y. et al. Usefulness of Transient Elastography for Noninvasive and Reliable Estimation of Right-Sided Filling Pressure in Heart Failure. *The American Journal of Cardiology*, 2014, vol. 113, pp. 552–558.
37. WFUMB Guidelines and Recommendations for Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 3: *Liver*, 2015, vol. 41(5), pp. 1161–1179. DOI: doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.007.

ALEXEY V. BORSUKOV – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Problem Research Laboratory «Diagnostic Research and Minimally Invasive Technologies», Smolensk State Medical University, Russia, Smolensk (bor55@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>).

DMITRY A. DOROSHENKO – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of Radiation and Functional Studies, Petrovsky National Research Center of Surgery, Russia, Moscow (drdoroshenko@mail.ru).

ANASTASIIA I. SKUTAR – Post-Graduate Student, Problem Research Laboratory «Diagnostic Research and Minimally Invasive Technologies», Smolensk State Medical University, Russia, Smolensk (nastya.skutar.96@mail.ru).

Формат цитирования: Борсуков А.В., Дорошенко Д.А., Скутарь А.И. Диагностическая эффективность различных методов эластометрии печени у больных с сердечной недостаточностью в зависимости от стадии заболевания [Электронный ресурс] // Acta medica Eurasica. – 2023. – № 2. – С. 1–13. – URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2023/2/1>. DOI: 10.47026/2413-4864-2023-2-1-13.