



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья

УДК 616-079.1

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-6-22-33>

Опыт применения дисперсии сдвиговых волн у пациентов после трансплантации печени

П. И. Рыхтик¹, Е. Н. Рябова², И. Ю. Демин³, Е. С. Горшенина⁴, Д. В. Сафонов⁵

^{1,2} ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России, Нижний Новгород, Россия

^{2,5} ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» МЗ РФ, Нижний Новгород, Россия

^{2,3,4} ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия

¹ rykhtik@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1087-1596>

² ryabova__elena@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5743-645X>

³ phdem56@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1410-3110>

⁴ gorshenina_ek@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3654-5350>

⁵ safonovdv@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7481-4002>

Автор, ответственный за переписку: Елена Николаевна Рябова, ryabova__elena@mail.ru

Резюме

В статье представлен опыт применения эластометрии печени и дисперсии сдвиговых волн у пациентов после трансплантации с последующим проведением пункционной биопсии и морфологическим исследованием ткани органа. В работе показано, что применение эластометрии и дисперсии сдвиговых волн позволяет достаточно точно судить о состоянии паренхимы трансплантата печени и выбирать оптимальную стратегию лечения и ведения пациента без выполнения инвазивной процедуры — пункционной биопсии органа.

Ключевые слова: дисперсия сдвиговых волн, эластометрия печени, трансплантация печени

Для цитирования: Рыхтик П. И., Рябова Е. Н., Демин И. Ю., Горшенина Е. С., Сафонов Д. В. Опыт применения дисперсии сдвиговых волн у пациентов после трансплантации печени // Радиология — практика. 2023;6:22-33. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-6-22-33>

© Рыхтик П. И., Рябова Е. Н., Демин И. Ю., Горшенина Е. С., Сафонов Д. В., 2023

ORIGINAL RESEARCH

Original research

Experience in the Use of Dispersion and Shear Waves in Patients after Liver Transplantation

Pavel I. Rykhtik¹, Elena N. Ryabova², Igor Yu. Demin³, Ekaterina S. Gorshenina⁴,
Dmitry V. Safonov⁵

^{1,2} Privolzhsky District Medical Center» FMBA of Russia, Nizhny Novgorod, Russia

^{2,5} Privolzhsky Research Medical University Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia

^{2,3,4} National Research Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia

¹ rykhtik@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1087-1596>

² ryabova__elena@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5743-645X>

³ phdem56@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1410-3110>

⁴ gorshenina_ek@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3654-5350>

⁵ safonovdv@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7481-4002>

Corresponding author: Elena N. Ryabova, ryabova__elena@mail.ru

Abstract

The article presents the experience of using liver elastometry and shear wave dispersion in patients after transplantation, followed by needle biopsy and morphological examination of the organ tissue. The paper shows that the use of elastometry and shear wave dispersion allows one to fairly accurately judge the state of the liver transplant parenchyma and choose the optimal strategy for treatment and management of the patient without performing an invasive procedure — puncture biopsy of the organ.

Keywords: Shear Wave Dispersion, Liver Elastometry, Liver Transplantation

For citation: Rykhtik P. I., Ryabova E. N., Demin I. Yu., Gorshenina E. S., Safonov D. V. Experience in the use of dispersion and shear waves in patients after liver transplantation // *Radiology — Practice*. 2023;6:22-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-6-22-33>

Актуальность

Несмотря на значительное отставание нашей страны по количеству выполняемых в год трансплантаций солидных органов от стран-лидеров в области трансплантологии, количество выполняемых пересадок органов в России растет. В 2018 году в нашей стране было вы-

полнено 2193 трансплантации органов, или 14,9 на 1 млн населения [1]. В 2019 году эта цифра составила 2427 пересадок, или 16,5 на 1 млн населения [2]. Из общей тенденции роста выбивается 2020 год, что связано с распространением коронавирусной инфекции COVID-19 и перепрофилированием большинства до-

норских баз в регионах под COVID-го-спитали. В 2020 году было выполнено 1960 трансплантаций органов, или 13,4 на 1 млн населения [3], а в 2021-м — 15,9 на 1 млн населения [4].

В связи с ростом количества трансплантаций органов и, соответственно, количества пациентов после пересадок возрастает необходимость внедрения в клиническую практику и совершенствования методов лучевой диагностики для визуализации и оценки функции трансплантата.

В 90-е годы в клинике появился метод магнитно-резонансной эластометрии. Данный метод не получил широкого применения, т. к. мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) и ультразвуковое исследование (УЗИ) превосходят МРТ в диагностике диффузно-жировой дегенерации печени и несопоставимы по финансовым затратам. МСКТ сопряжена с лучевой нагрузкой на пациента и не может быть применена в динамическом наблюдении за больными с трансплантированными органами [5].

Метод оценки жесткости паренхимы печени (2D-SWE) позволяет получить информацию о степени фиброза органа по шкале Metavir. 2D-SWE активно применяется в мировой практике в течение последних 15 лет.

Новым методом лучевой диагностики является разработанная относительно недавно технология визуализации, известная как визуализация с дисперсией сдвиговых волн — Shear wave dispersion (SWD), связанная с вязкостью ткани органа.

В медицинской практике при обследовании пациентов очень часто применяется методика пальпации, когда исследуемый участок тела пациента прощупывается врачом на предмет обнаружения патологических образований в тканях. При таком обследовании именно сдвиговый модуль является диагностическим параметром, так как де-

формация сдвига значительно превосходит по величине деформацию сжатия в мягких биотканях.

В настоящее время для измерения упругого модуля сдвига мягких биологических тканей используется метод, основанный на измерении скорости распространения сдвиговой волны в среде. Модуль сдвига, рассчитываемый по измеренной скорости сдвиговых волн, является динамическим. Однако мягкие биологические ткани наряду с упругостью обладают и вязкостью. В таком случае связь между скоростью сдвиговых волн и модулем сдвига будет определяться вязкоупругими свойствами.

Дисперсия сдвиговых волн (SWD) в клинической практике позволяет оценить вязкость ткани печени, а значит, применима и при оценке состояния и структуры трансплантированной печени у пациента.

Цель работы: представить опыт применения в клинической практике дисперсии сдвиговых волн для оценки состояния и структуры трансплантата печени у пациентов в разные сроки после выполнения операции.

Материалы и методы

Обследовано два пациента после трансплантации печени с применением эластографии сдвиговых волн, оценкой вязкости и дисперсии с последующей пункционной биопсией пересаженного органа.

Эластография сдвиговых волн выполнялась на аппарате Aixplorer абдоминальным датчиком XC6-1. Оценка эластометрии, вязкости и дисперсии осуществлялась на аппарате Canon Aplle i900 абдоминальным датчиком 8C1. Перед проведением исследования 2D-SWE и SWD пациенты 4 часа воздерживались от приема пищи. Исследование выполнялось в положении больного на спине с отведением правой руки за голову. Перед эластометрией, оценкой

вязкости и дисперсии осуществлялось УЗ-сканирование для оценки состояния паренхимы трансплантата печени, условий визуализации и факторов, затрудняющих обследование. УЗ-датчик устанавливался в 9–11-м межреберье справа [6]. Контрольное окно методик располагалось параллельно капсуле печени, на 1–2 см ниже капсулы, во избежание артефактов. При проведении 2D-SWE и SWD с использованием параметрических карт качества измерения проводились в 5 независимых изображениях на фоне задержки дыхания и неподвижной фиксации положения датчика [7].

В нашей клинике методика эластометрии печени (ARFI) применяется с 2011 года, двухмерная эластометрия (2D-SWE) — с 2017 года. С 2020 года пациенты обследуются с применением методик вязкости и дисперсии сдвиговых волн (SWD) [8–10].

Физическая сущность метода SWD заключается в следующем:

1. При использовании метода, основанного на цветном доплеровском сканировании, получают смещения вязко-упругой среды при распространении сдвиговой волны.
2. Затем при помощи Быстрого преобразования Фурье (FFT) смещения преобразуются из временной области в частотную, что позволяет получить амплитудный спектр и оценить значения фазы сдвиговой волны на различных частотах.
3. Для вычисления скорости используют формулу:

$$C_s(\omega) = \omega \times \Delta L / \Delta \phi(\omega),$$

где $\Delta \phi(\omega)$ — изменение фазы сдвиговой волны на расстоянии ΔL между двумя точками среды в направлении распространения ультразвуковой волны.

4. Градиент (наклон) скорости сдвиговой волны вычисляется на основе распределения скорости от частоты. Затем вычисленные значения

градиента накладываются на места измерения для создания карты дисперсии SWD. Карта дисперсии показывает наклон дисперсии, который является параметром, непосредственно связанным с вязкостью. При этом рассчитанное значение крутизны дисперсии измеряется в м/сек/кГц.

Типичный вид четырех карт, получаемых при реализации метода эластографии сдвиговой волны, приведен ниже. Это карта эластичности (значения модуля Юнга для данной мягкой ткани), карта распространения сдвиговой волны — временные контуры движения волны, карта В-скана и карта дисперсии — наклон дисперсии. На рис. 1 эти карты приведены в виде, в котором они одновременно просматриваются на мониторе сканера.

Клиническое наблюдение 1

Пациент № 1, женщина, 1955 г. р., трансплантация печени от асистолического посмертного донора была выполнена 23 июня 2010 года по поводу первичного билиарного цирроза печени. Пациентка периодически наблюдалась в Амбулаторном центре трансплантологии и гепатологии. Во время планового осмотра в ноябре 2021 года (через 11 лет после трансплантации печени) при УЗИ брюшной полости были диагностированы множественные очаговые образования в трансплантате печени (рис. 2).

Для уточнения характера образований и исключения их злокачественной этиологии пациентке также была выполнена эластометрия трансплантата печени и исследование вязкости и дисперсии сдвиговых волн (рис. 3, 4).

При эластометрии печени средняя жесткость очагов составила 8–10 кПа, т. е. очаги были «мягкими». Показатели вязкости вне зон повышенной эхогенности были 0,6 dB/cm/MHz, в очаге — 0,71 dB/cm/MHz и соответствовали вы-

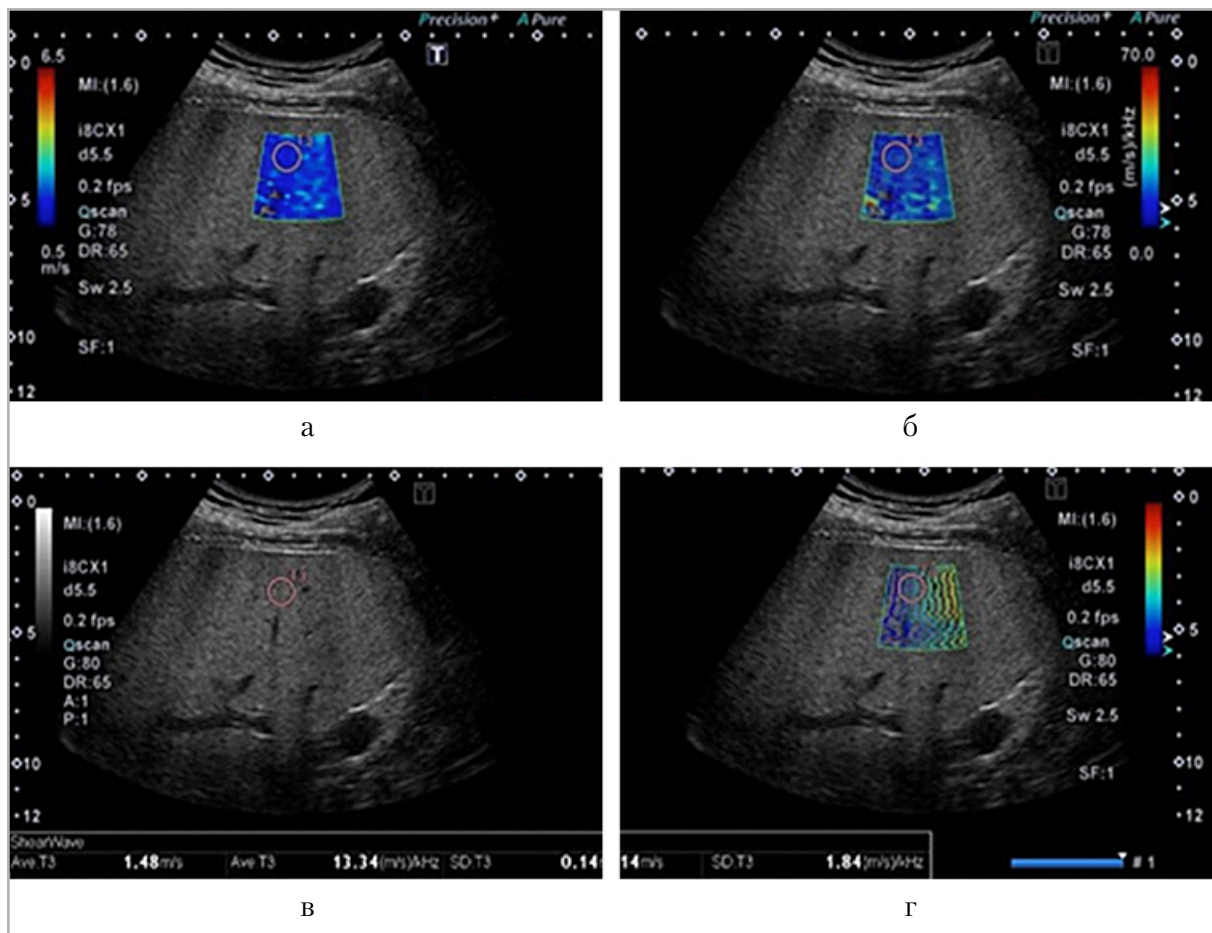


Рис. 1. Эхограмма печени в режиме эластографии сдвиговой волны (нормальная картина): а — карта эластичности, б — карта дисперсии; в — В-режим; г — карта распространения. Круг обозначает контрольный объем, цветовая палитра в диапазоне от синего до красного указывает на повышение жесткости

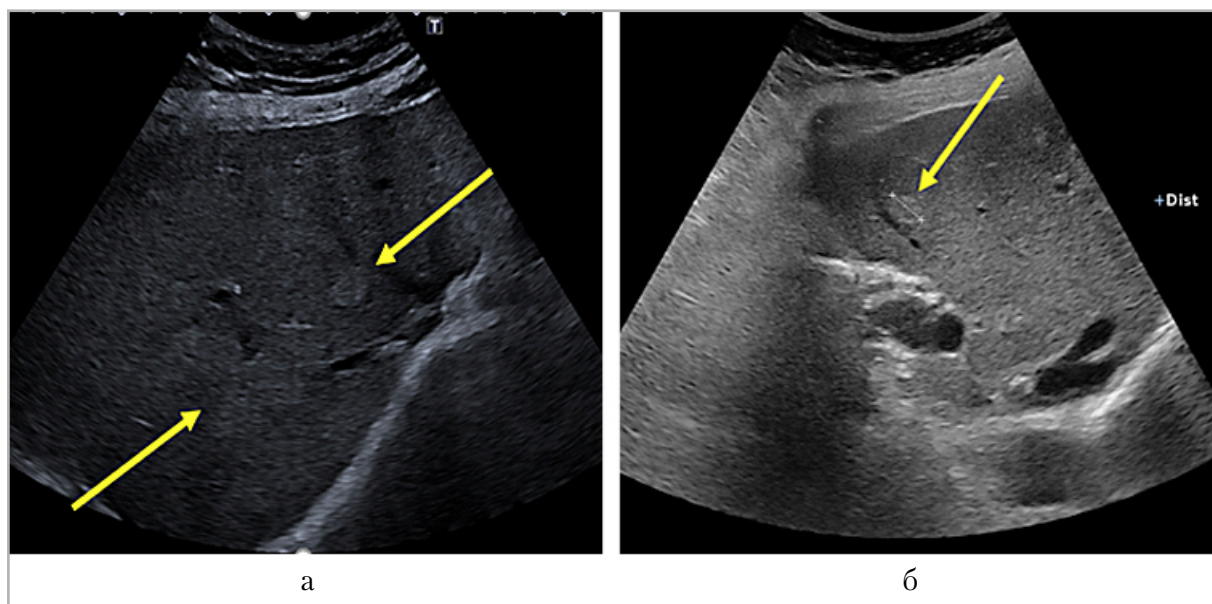


Рис. 2. Эхограммы трансплантата печени в стандартном В-режиме: а — очаговые образования трансплантата печени; б — размер очаговых образований от 12 до 23 мм (желтые стрелки)

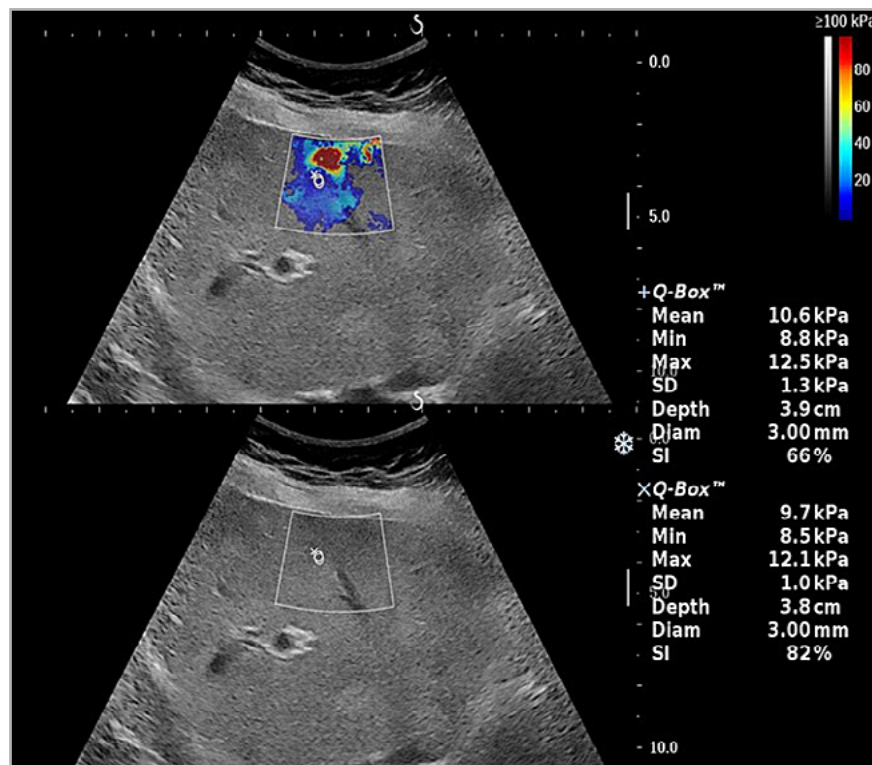


Рис. 3. Эхограмма трансплантата печени в режиме эластографии сдвиговой волны (в окне контрольного объема выполнено измерение жесткости паренхимы трансплантата с очаговыми образованиями. Цветовая палитра от темно-синего к красному указывает на повышение показателей)

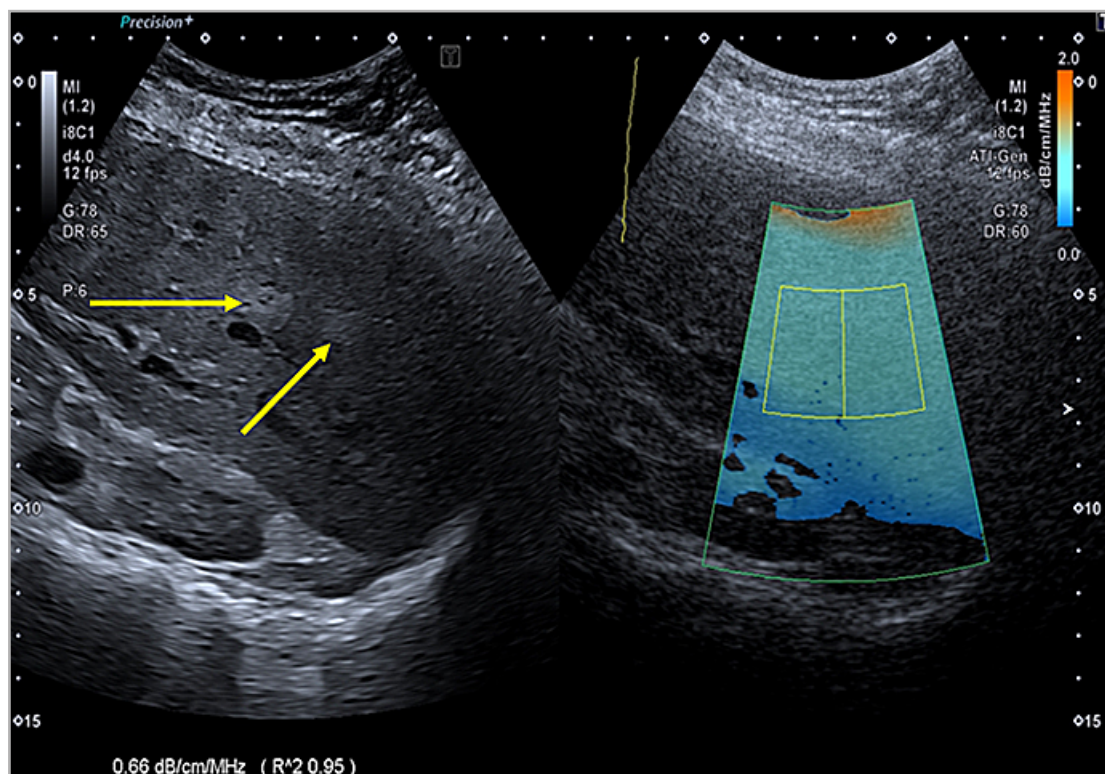


Рис. 4. Эхограмма трансплантата печени в режиме визуализации с вязкостью и дисперсией (в окне контрольного объема производится измерение вязкости и дисперсии сдвиговых волн. Цветовая палитра от синего к красному свидетельствует о повышении вязкости)

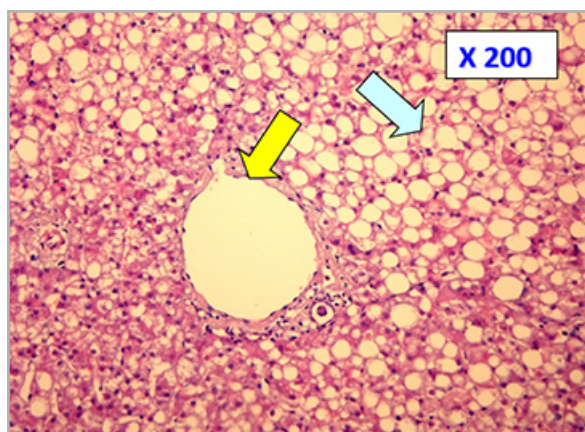


Рис. 5. Микроскопия ткани трансплантата печени с нарушением балочного строения за счет диффузного макро- и микровезикулярного стеатоза, локализованного во всех зонах ацинусов (*голубая стрелка*). Портальный тракт без фиброза, со скудной лимфоидной инфильтрацией и расширенной веной (*желтая стрелка*)

сокому проценту содержания жировой ткани в очаге. Дисперсия сдвиговых волн составила 15–17 м/сек/кГц, что по рекомендациям производителя аппарата является резким повышением.

На следующий день после исследования пациентке с целью морфологической верификации диагноза была выполнена чрескожная чреспеченочная пункционная биопсия очагов печени под УЗ-контролем (рис. 5).

Был получен следующий результат гистологического исследования — очаги стеатоза в печени, данных за злокаче-

ственный характер образований не выявлено. Пациентке рекомендовано продолжить динамическое наблюдение.

Клиническое наблюдение 2

Пациент № 2, женщина, 1979 г. р., трансплантация печени от посмертного донора была выполнена 19 сентября 2021 года по поводу первичного цирроза печени с аутоиммунным компонентом. Через 3 месяца после трансплантации в биохимических анализах крови пациентки было зарегистрировано повышение печеночных ферментов и маркеров холестаза. Пациентке было проведено стандартное УЗ-исследование трансплантата печени, а также эластометрия, исследование вязкости и дисперсии сдвиговых волн (рис. 6).

При УЗИ трансплантата был диагностирован выраженный стеатоз печени. По данным эластометрии жесткость паренхимы составила 7–8 кПа, что соответствовало степени фиброза F1 по Metavir. Вязкость равнялась 0,72 dB/cm/MHz. Дисперсия сдвиговых волн составила 14–15 м/сек/кГц, что также соответствовало высокому проценту содержания жировой ткани в паренхиме трансплантата.

Следующим этапом пациентке была выполнена пункционная биопсия трансплантата печени под УЗ-контролем. В ходе морфологического исследо-

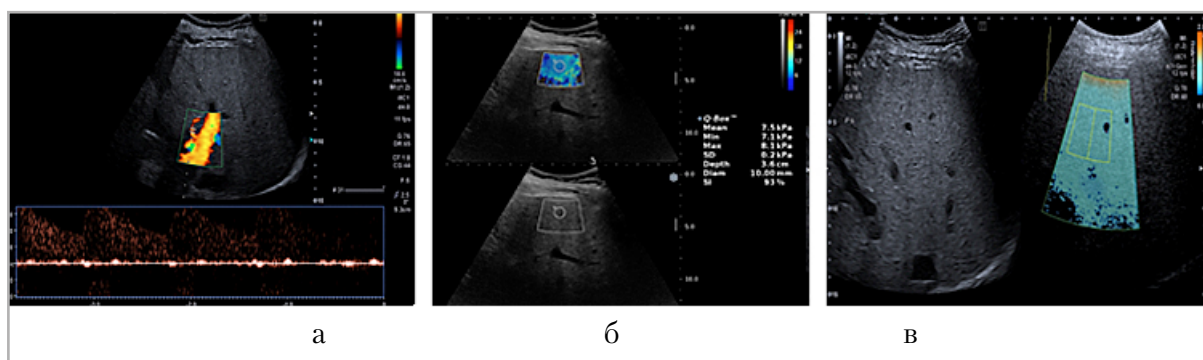


Рис. 6. Эхограммы трансплантата печени: а — стандартное УЗ-исследование трансплантата печени; б — эластометрия трансплантата печени; в — исследование вязкости и дисперсии трансплантата печени

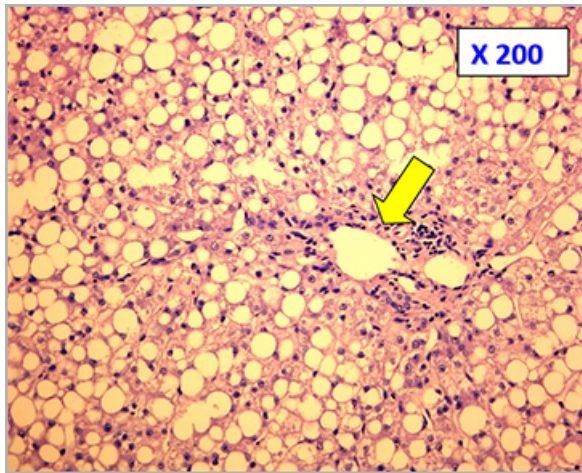


Рис. 7. Микроскопия ткани трансплантата печени с нарушением балочного строения за счет диффузного макро- и микровезикулярного стеатоза, локализованного во всех зонах ацинусов. Портальный тракт без фиброза, с умеренно выраженной лимфоидной инфильтрацией, не выходящей за пределы пограничной пластинки портального тракта (желтая стрелка)

вания (рис. 7) был диагностирован тотальный стеатоз паренхимы трансплантата печени свыше 60 %, что было связано с исходным состоянием донорского трансплантата.

Результаты и их обсуждение

Эластометрия трансплантата печени, исследование вязкости и дисперсии сдвиговых волн приобретают все большую актуальность в условиях увеличения количества пациентов после пересадки печени в трансплантационных центрах и в амбулаторно-поликлиническом звене. Данные исследования отличаются относительной простотой и дешевизной проведения по сравнению с КТ- и МРТ-диагностикой, доступны после обучения каждому врачу ультразвуковой диагностики. При выполнении эластометрии трансплантата печени с исследованием вязкости и дисперсии сдвиговых волн отсутствуют риски инвазивных вмешательств: внутрибрюшное кровотечение, присоединение

инфекционных осложнений в условиях иммуносупрессивной терапии, не требуется наличие опытного врача-хирурга и врача-морфолога для проведения биопсии и морфологического исследования. Безусловно, применение новых методов ультразвуковой диагностики требует дальнейшего накопления опыта в клинической практике. Визуализация вязкости и дисперсии — это инновационные технологии, дающие фактическую количественную оценку дисперсии, которая непосредственно связана с вязкостью.

К сожалению, как в мировой, так и в отечественной литературе на сегодняшний день нет большого опыта применения дисперсии сдвиговых волн и вязкости в сравнении с данными пункционной биопсии трансплантированной печени. Количество работ, посвященных исследованиям методов визуализации, для количественной оценки стеатоза печени также мало [11–13]. В нашем центре мы обследовали свыше 120 пациентов после трансплантации печени с применением эластометрии, вязкости и дисперсии сдвиговых волн. В статье приведены наиболее показательные клинические случаи стеатоза трансплантата печени с морфологическим подтверждением полученных данных. Наш опыт работы позволяет сказать, что данные, получаемые при эластометрии трансплантата печени, исследовании вязкости и дисперсии сдвиговых волн, подтверждаются данными морфологического исследования.

Заключение

Применение эластометрии трансплантата печени, исследования вязкости и дисперсии сдвиговых волн позволяет неинвазивно судить о состоянии и функции трансплантата, в том числе в диагностически сложных случаях, в различные сроки после выполнения пересадки и выбирать оптимальную стратегию ведения и лечения пациента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Готье С. В., Хомяков С. М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2018 году. XI сообщение регистра Российского трансплантологического общества // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2019;21(3):7-32. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2019-3-7-32>
2. Готье С. В., Хомяков С. М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2019 году. XII сообщение регистра Российского трансплантологического общества // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2020;22(2):8-34. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2020-2-8-34>
3. Готье С. В., Хомяков С. М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2020 году. XIII сообщение регистра Российского трансплантологического общества // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2021;23(3):8-34. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2021-3-8-34>
4. Готье С. В., Хомяков С. М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2021 году. XIV сообщение регистра Российского трансплантологического общества // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2022;24(3):8-31. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2022-3-8-31>
5. Камалов Ю.Р., Сандриков В.А. Руководство по абдоминальной ультразвуковой диагностике при заболеваниях печени. 2-е изд. Москва, 2010.
6. Борсуков А. В. Комплексная эластография печени: совершенствование клинических алгоритмов // Радиология. 2016. <https://congress-ph.ru/common/htdocs/apload/fm/rar/16/prez/423.pdf>.
7. Сенча А. Н., Пеняева Э. И., Шмелев Д. М. Ультразвуковая эластография. От простого к сложному. Москва, 2023.
8. Руденко О. В., Сафонов Д. В., Демин И. Ю., Рыхтик П. И., Андреев В. Г., Гурбатов С. Н., Романов С. В. Основы эластографии сдвиговой волной: теория и физический эксперимент. В кн.: Эластография сдвиговой волны: анализ клинических примеров / под. ред. А. В. Борсукова. Смоленск: Смоленская городская типография, 2017. С. 8–41.
9. Демин И. Ю., Рыхтик П. И., Спивак А. Е., Сафонов Д. В. Новый критерий оценки объектов различной жесткости при эластометрии сдвиговой волной – модуль разности жесткости объекта и окружающей среды // Современные технологии в медицине. 2022;14(5):5. <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.5.01>
10. Сафонов Д. В., Рыхтик П. И., Шатохина И. В., Романов С. В., Гурбатов С. Н., Демин И. Ю. Эластография сдвиговой волной: сравнение точности показателей разных ультразвуковых сканеров в эксперименте с калиброванными фантомами // Современные технологии в медицине. 2017;9(4):51. <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.4.06>
11. Batista da Silva N.P., Scharf G., Lürken L., Verloh N., Schleder S., Stroszczynski C., Jung E. M., Haimerl M. Different Ultrasound Shear Wave Elastography Techniques as Novel Imaging-Based Approaches for Quantitative Evaluation of Hepatic Steatosis-Preliminary Findings. Tomography. 2023 Mar 16;9(2):681-692. DOI: 10.3390/tomography9020054
12. Seo J. W., Kim Y. R., Jang J. K., Kim S. Y., Cho Y. Y., Lee E. S., Lee D. H. Transient elastography with controlled attenuation parameter versus two-dimensional shear wave elastography with attenuation imaging for the evaluation of hepatic steatosis and fibrosis in NAFLD. Ultrasonography. 2023 Jul;42(3):421-431. DOI: 10.14366/usg.22212. Epub 2023 Mar 22.
13. Yazdani L., Rafati I., Gesnik M., Nicolet F., Chayer B., Gilbert G., Volniansky A., Olivie D., Giard J-M., Sebastiani G., Nguyen B.N., Tang A., Cloutier G. Ultrasound Shear Wave Attenuation Imaging for Grading Liver Steatosis in Volunteers and Patients with Non-alco-

holic Fatty Liver Disease: A Pilot Study. *Ultrasound Med Biol.* 2023 Oct; 49(10):2264-2272. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2023.06.020. Epub 2023 Jul 21.

References

- Gautier S. V., Khomyakov S. M. Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2018. 11th report of the Registry of the Russian Transplant Society. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2019;21(3):7-32. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2019-3-7-32>
- Gautier S. V., Khomyakov S. M. Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2019. 12th report from the Registry of the Russian Transplant Society. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2020;22(2):8-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2020-2-8-34>
- Gautier S. V., Khomyakov S. M. Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2020. 13th Report from the Registry of the Russian Transplant Society. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2021;23(3):8-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2021-3-8-34>
- Gautier S. V., Khomyakov S. M. Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2021. 14th Report from the Registry of the Russian Transplant Society. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2022;24(3):8-31. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2022-3-8-31>
- Kamalov Yu. R., Sandrikov V. A. Guide to abdominal ultrasound diagnostics for liver diseases. (2nd edition). Moscow, 2010. (In Russ.)
- Borsukov A. V. Complex elastography of the liver: improvement of clinical algorithms. *Radiology.* 2016. (In Russ.). <https://congress.ph.ru/common/htdocs/apload/fm/rar/16/prez/423.pdf>
- Sencha A. N., Penyaeva E. I., Shmelev D. M. Ultrasound elastography. From simple to complex. Moscow, 2023. (In Russ.).
- Rudenko O. V., Safonov D. V., Demin I. Yu., Rykhtik P. I., Andreev V. G., Gurbatov S. N., Romanov S. V. Fundamentals of shear wave elastography: theory and physical experiment. In: Shear wave elastography: an analysis of clinical cases. Borsukov A. V. (editor). Smolensk: Smolenskaya gorodskaya tipografiya; 2017; p. 8–41. (In Russ.).
- Demin I. Yu., Rykhtik P. I., Spivak A. E., Safonov D. V. A New Criterion for Shear Wave Elastometric Assessment Using Modulus of Stiffness Difference between Object and Environment. *Modern technologies in medicine.* 2022;14(5):5. (In Russ.). <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.5.01>
- Safonov D. V., Rykhtik P. I., Shatokhina I. V., Romanov S. V., Gurbatov S. N., Demin I. Yu. Shear Wave Elastography: Comparing the Accuracy of Ultrasound Scanners Using Calibrated Phantoms in Experiment. *Modern technologies in medicine.* 2017;9(4):51. (In Russ.). <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.4.06>
- Batista da Silva N. P., Scharf G., Lürken L., Verloh N., Schleider S., Stroszczynski C., Jung E. M., Haimerl M. Different Ultrasound Shear Wave Elastography Techniques as Novel Imaging-Based Approaches for Quantitative Evaluation of Hepatic Steatosis-Preliminary Findings. *Tomography.* 2023 Mar 16;9(2):681-692. DOI: 10.3390/tomography9020054.
- Seo J. W., Kim Y. R., Jang J. K., Kim S. Y., Cho Y. Y., Lee E. S., Lee D. H. Transient elastography with controlled attenuation parameter versus two-dimensional shear wave elastography with attenuation imaging for the evaluation of hepatic steatosis and fibrosis in NAFLD. *Ultrasonography.* 2023 Jul;42(3):421-431. DOI: 10.14366/usg.22212. Epub 2023 Mar 22.
- Yazdani L., Rafati I., Gesnik M., Nicolet F., Chayer B., Gilbert G., Volniansky A., Olivié D., Giard J-M., Sebastiani G., Nguyen B. N., Tang A., Cloutier G.

Ultrasound Shear Wave Attenuation Imaging for Grading Liver Steatosis in Volunteers and Patients with Non-alcoholic Fatty Liver Disease: A Pilot

Study. *Ultrasound Med. Biol.* 2023 Oct;49(10):2264-2272. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2023.06.020. Epub 2023 Jul 21.

Сведения об авторах / Information about the authors

Рыхтик Павел Иванович, кандидат медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России, Нижний Новгород, Россия.

603000, Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 14.

8 (831) 421-69-83

Вклад автора: создание концепции и дизайна исследования, получение данных для анализа, утверждение окончательного варианта публикации.

Rykhtik Pavel Ivanovich, Ph. D. Med., Head of the Department of Radiation Diagnostics, FBUZ «Privolzhsky District Medical Center» FMBA of Russia, Nizhny Novgorod, Russia.

14, ul. Ilyinskaya, Nizhny Novgorod, 603000, Russia.

8 (831) 421-69-83

Contribution of the author: creation of the concept and design of the study, obtaining data for analysis, approval of the final version of the publication.

Рябова Елена Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской хирургии и трансплантологии ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет», врач-хирург хирургического отделения трансплантации органов ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России, старший преподаватель кафедры экспериментальной и ядерной медицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия.

603000, Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 14.

+7 (951) 919-78-25

Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста.

Ryabova Elena Nikolaevna, Ph. D. Med., Assistant Professor of Department Faculty Surgery and Transplantology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation; Surgeon of the Surgical Department of Organ Transplantation, FBUZ «Privolzhsky District Medical Center» FMBA of Russia; Senior Lecturer, Department of Experimental and Nuclear Medicine National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia.

14, ul. Ilyinskaya, Nizhny Novgorod, 603000, Russia.

+7 (951) 919-78-25

Contribution of the author: review of publications on the topic of the article, analysis of the data obtained, writing the text, preparing and editing the text.

Демин Игорь Юрьевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник кафедры акустики радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия.

603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 1.

8 (831) 465-63-05

Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи, подготовка и редактирование текста.

Demin Igor Yur'evich, Ph. D. in Physics and Mathematics, Senior Researcher, Department of Acoustics, Faculty of Radiophysics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia.

Bldg. 1, 23, Gagarin prospect, Nizhny Novgorod, 603950, Russia

8 (831) 465-63-05

Contribution of the author: review of publications on the topic of the article, preparation and editing of the text.

Горшенина Екатерина Сергеевна, магистр Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия.

603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 1

8 (831) 462-32-02

Вклад автора: участие в сборе материала, в обработке и обсчете статистических показателей.

Gorshenina Ekaterina Sergeevna, master of Institute of Biology and Biomedicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia.

Bldg. 1, 23, Gagarin prospect, Nizhny Novgorod, 603950, Russia.

8 (831) 462-32-02

Contribution of the author: participation in the collection of material, in the processing and calculation of statistical indicators.

Сафонов Дмитрий Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики факультета дополнительного постдипломного образования ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет», Нижний Новгород, Россия.

603950, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1.

8 (831) 433-75-78

Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи, подготовка и редактирование текста.

Safonov Dmitry Vladimirovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Radiation Diagnostics, Faculty of Additional Postgraduate Education, Volga Region Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia.

10/1, pl. Minina and Pozharsky, Nizhny Novgorod, 603950, Russia.

8 (831) 433-75-78

Contribution of the author: review of publications on the topic of the article, preparation and editing of the text.

Финансирование исследования и конфликт интересов

Часть исследования Демина И. Ю. выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственное задание № FSWR-2023-0031). Для других соавторов исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Research funding and conflict of interest

Part of the research by Demin I. Yu. carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (state assignment No. FSWR-2023-0031). For the other co-authors, the research was not funded by any sources. The authors declare that this paper, its topic, subject matter, and content do not involve competing interests. The views expressed in the article are those of the authors of the manuscript. The authors attest that they meet the ICMJE international criteria for authorship (all authors contributed substantially to the conceptualization, preparation of the article, and read and approved the final version before publication).

Статья поступила в редакцию 30.06.2023;
одобрена после рецензирования 29.09.2023;
принята к публикации 30.09.2023.

The article was submitted 30.06.2023;
approved after reviewing 29.09.2023;
accepted for publication 30.09.2023.