

УДК 616.36-076-002-006.327

ДИФФУЗНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕЧЕНИ: ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИКИ МЕТОДОМ СТАНДАРТИЗОВАННОЙ ARFI-ЭЛАСТОМЕТРИИ

И. А. Степанян, Ю. В. Кобинец, В. А. Изранов, О. И. Овчинников

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Калининград, Россия

Инфекционная больница Калининградской области, Калининград, Россия

© Коллектив авторов, 2017 г.

Развитие хронических диффузных заболеваний печени происходит через прогрессирование стадий фиброза с формированием в конечном итоге цирроза и рака печени. «Золотым стандартом» для обнаружения процесса фиброзирования является биопсия печени с последующим гистологическим исследованием полученного материала, но она имеет свои недостатки и противопоказания. В последнее время все более широкое распространение получает — эластометрия, которая отражает жесткость печени, возрастающую при фиброзировании. Однако в настоящий момент не существует стандартного протокола для выполнения ARFI-эластометрии печени с учетом выбора топографии, глубины установки зоны опроса, количества измерений сдвиговой волны. Цели исследования: стандартизация методики проведения ARFI-эластометрии печени для дальнейшей оценки стадий фиброза; выявление наиболее чувствительных эхографических изменений печени при различных стадиях фиброза. На основании обследования здоровых добровольцев разработан стандартизованный протокол и пациентов с диффузными изменениями печени. При использовании эластографии сдвиговой волны отмечено, что не во всех случаях выявляемое количество эхографических симптомов соответствует стадии фиброза по эластометрии. В ходе исследования определено, что при стадиях фиброза F1 и F2 у пациентов встречались от 1 до 4 эхографических симптомов; при фиброзе F3 и F4 — от 3 до 11 эхографических симптомов. Отмечено, что при увеличении стадии фиброза количество эхографических симптомов в основном увеличивается. Выделена особая группа пациентов без явных эхографических симптомов, но с верифицируемым фиброзом F2–F4 по эластометрии. У данной группы эхографические симптомы не определялись в 42% случаев при верифицированном фиброзе F2–F4. В 10% случаев при F3 и F4 стадиях фиброза встречались лишь 1–2 эхографических симптома. Таким образом, обнаружение у пациента даже одного эхографического симптома должно насторожить врача ультразвуковой диагностики в плане возможного наличия фиброза или цирроза.

Ключевые слова: диффузные изменения печени, ультразвуковая диагностика, ARFI-эластометрия сдвиговой волной, фиброз печени, цирроз.

DIFFUSE LIVER CHANGES: ASSESSMENT OF ARFI-ELASTOMETRY DIAGNOSTICS EFFICACY

I. A. Stepanyan, Yu. V. Kobinets, V. A. Izranov, O. I. Ovchinnikov

Baltic Federal University of Immanuel Kant, Kaliningrad, Russia

Infectious diseases hospital of the Kaliningrad region, Kaliningrad, Russia

Development of chronic diffuse liver diseases occurs through the progression of fibrosis stages with the final formation of cirrhosis and liver cancer. The "gold standard" for detecting the fibrosis process is a liver biopsy followed by a histological examination of the received material, but it has its drawbacks and contraindications. Recently elastometry is becoming increasingly widespread as it reflects the rigidity of the liver, which is increasing in fibrosis. However, at the moment there is no standard protocol for performing ARFI-elastometry of the liver, which should take into account the choice of topography, the depth of installation of the polling zone, the number of measurements of the shear wave. Objectives of the study: standardization of the procedure for performing ARFI-elastometry of the liver for further evaluation of the fibrosis stages; detection of the most sensitive echographic changes in the liver at various stages of fibrosis. Based on healthy volunteers examinations, a standardized protocol for patients with diffuse liver changes was developed. While using shear wave elastography, it was noted that detected number of echographic symptoms corresponds to the elastometry stage of fibrosis not in all cases. During the study, it was determined that in the F1 and F2 stages of fibrosis, 1 to 4 echographic symptoms occurred in patients; in F3 and F4 fibrosis stages — from 3 to 11 echographic symptoms accordingly. It is noted that with an increase in the fibrosis stage, the number of echographic symptoms is basically increases, too. A special group of patients without obvious echographic symp-

toms, but with verified F2-F4 fibrosis stages was selected using elastometry. In this group, echographic symptoms were not detected in 42% of cases with verified F2-F4 fibrosis. In 10% of cases with F3 and F4 fibrosis stages there were only 1–2 echographic symptoms. Thus, the detection of at least a single echographic symptom in the patient should be the warning sign of possible presence of fibrosis or cirrhosis.

Key words: diffuse liver changes; ultrasound diagnostics; shear wave ARFI-elastometry; liver fibrosis, liver cirrhosis.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2018-9-1-30-35>

Введение. Диффузные изменения печени включают в себя различные нарушения структуры и функциональной способности органа, вызванные длительным и систематическим воздействием того или иного этиологического фактора. Вирусные и аутоиммунные гепатиты, врожденные и приобретенные иммунодефицитные состояния, синдромальные метаболические нарушения, токсическое воздействие лекарственных веществ могут вызывать необратимую печеночно-клеточную дисфункцию. Дальнейшее «развитие» хронических диффузных заболеваний печени происходит через прогрессирование стадий фиброза с формированием в конечном итоге цирроза и рака печени. Фиброз — процесс динамический, имеющий возможности прогрессивного течения, длительной стабилизации и даже обратного развития при благоприятных условиях [1].

На сегодняшний день основной проблемой в современной гепатологии остается цирроз печени. Цирроз печени, то есть финальная стадия фиброзных изменений, формируется у 20–30% больных с хроническими гепатопатиями [2].

Цирроз — это хроническое диффузное заболевание печени, характеризующееся нарушением ее нормальной структуры в результате некроза и уменьшения массы функционирующих клеток, развития соединительной ткани (фиброза) и узлов регенерации [3, 4].

По статистике ВОЗ смертность от цирроза и рака печени в мире выросла: в 2000 г. причина смертности от цирроза занимала 13-е место, в 2015 г. — 11-е место; смертность от рака печени в 2000 г. — 20-е место, в 2015 г. — 16-е место. В РФ по статистике ВОЗ смертность от цирроза печени в 2012 г. занимала 5-е место. Отмечается рост смертности за период с 2000 по 2012 г. В связи с этим наиболее актуальным является совершенствование диагностического алгоритма своевременного выявления хронических заболеваний печени и ранних стадий фиброза, приводящих в последующем к циррозу печени [5].

Из имеющихся методов на данный момент «золотым стандартом» для обнаружения процесса фиброобразования является биопсия печени с последующим гистологическим исследованием полученного материала. Однако ввиду того, что этот метод инвазивный, при его использовании необходимо учитывать наличие противопоказаний и возможность развития опасных для жизни осложнений, опыта специалиста, и в ряде случаев недостаточную чувствительность, так как объем забираемой ткани составляет лишь

$\frac{1}{50\,000}$ органа [6]. Все это ограничивает возможность использования биопсии для массового скрининга. Также не принято повторять пункции с интервалом в 6–12 месяцев [2]. В то же время информация о состоянии паренхимы печени является своеобразным навигатором для врача. Важно не только однократно определить тяжесть повреждения печени, но и обеспечить возможность информативного контроля на фоне проводимого лечения (например, для оценки эффективности лечения на фоне противовирусной терапии больных гепатитом) [7].

Так, и в Проекте глобальных стратегий сектора здравоохранения по вирусному гепатиту на 2016–2021 гг. говорится о том, что «приоритетное внимание следует уделять разработке... упрощенных методов достоверной оценки фиброза и цирроза печени» [8].

Одним из перспективных методов является применение ультразвукового аппарата для исследования печени. Однако возможности дифференциальной диагностики диффузных заболеваний печени в серовещном режиме до настоящего времени крайне ограничены и с достоверностью позволяют определить только далеко зашедшие стадии фиброза.

В таком случае перспективными являются «физические» неинвазивные методы, основанные на определении плотности печени (эластография и эластометрия) [9–11].

Упругость (эластичность, сжимаемость) является важным свойством ткани, которое зависит от ее механических свойств и может меняться под воздействием таких патофизиологических процессов, как воспаление, атрофия, опухолевое поражение. Упругость характеризует, какое давление необходимо приложить к ткани для возникновения ее деформации [12]. Отличительной чертой фиброзных изменений печени, как и в случаях аналогичных процессов в других паренхиматозных органах, является диффузное повышение жесткости (снижение эластичности) ее ткани.

Эластография — это метод диагностики, который отражает упругие свойства мягких тканей [13, 14]. В ее основе лежит простой принцип: все ткани человека имеют определенную эластичность (жесткость), которая изменяется в зависимости от структурной организации ткани и наличия в ней патологических процессов [15]. Физической основой эластографии является модуль Юнга, который и определяется в процессе исследования. Он характеризует свойства мягких тканей сопротивляться растяжению/сжатию при их упругой деформации. Расчет модуля Юнга

может быть выполнен двумя способами. В связи с этим эластография подразделяется на две разновидности — компрессионную эластографию и эластометрию сдвиговой волны. Компрессионная эластография позволяет получить только качественные характеристики жесткости тканей, в то время как методы с использованием сдвиговых волн дают возможность оценивать количественно модуль Юнга (определить эластичность в числовом выражении — в кПа, в м/с).

Принцип действия метода эластографии сдвиговой волны основан на генерации в тканях сдвиговой волны и последующей оценке скорости ее продвижения. Генерация сдвиговых волн осуществляется электронным способом (используется сила давления мощного импульса ультразвукового луча = ARFI – Acoustic Radiation Force Impulse). Мощный акустический импульс длительностью 267 мс проходит через ткани, смещая их. Смещение тканей вызывает образование сдвиговых волн, распространяющихся перпендикулярно внешнему воздействию. Как только сдвиговая (поперечная) волна прошла через ткани, смещения тканей регистрируются аппаратом и выводятся на экран в виде скорости сдвиговой волны в м/с. Она будет выше там, где упругость ткани меньше [6, 13, 16–19].

Для оценки полученных значений при эластографии печени наиболее широкое распространение в настоящее время получила шкала METAVIR. Изначально данная классификация была патологоанатомической. То есть, на основе гистологических изменений были определены стадии фиброза от F0 до F4. С внедрением в практику эластографии значения скорости сдвиговой волны в ходе многочисленных исследований соотнесли с соответствующими стадиями фиброза по METAVIR [11]: F0 — отсутствие фиброза (0,70–1,39 м/с); F1 — расширение порталных трактов без формирования септ (1,40–1,55 м/с); F2 — порталный фиброз в сочетании с единичными септами (1,56–1,78 м/с); F3 — порталный фиброз в сочетании с множественными септами без ложных долек (1,79–2,04 м/с); F4 — цирроз печени (больше 2,04 м/с). Таким образом, на данный момент появилась возможность исследования изменений печени как с помощью стандартного В-режима, так и с помощью эластометрии [10–11, 20–22].

Однако в ходе исследования мы столкнулись с тем, что не существует стандартного протокола для выполнения ARFI-эластометрии печени с учетом выбора топографии, глубины установки зоны опроса, количества измерений сдвиговой волны. Также в ходе применения разработанной методики были выявлены несоответствия между выявляемыми при стандартном УЗ-исследовании симптомами фиброза печени и данными эластометрии.

Цель. Стандартизация методики проведения ARFI-эластометрии печени для дальнейшей оценки стадий фиброза, а также выявление наиболее чув-

ствительных эхографических изменений печени при различных стадиях фиброза.

Материалы и методы. Для стандартизации методики ARFI-эластометрии печени обследованы 30 здоровых добровольцев на аппарате Acuson S2000 (Siemens, Германия) конвексным датчиком (6C1) в режиме Virtual Touch Tissue Quantification на базе клинично-диагностического центра Балтийского федерального университета им. И. Канта.

Возраст добровольцев составил от 18 лет до 30 лет, индекс массы тела соответствовал нормативным значениям.

У всех добровольцев отсутствовали жалобы, заболевания печени и правосторонняя застойная сердечная недостаточность в анамнезе, злоупотребление спиртными напитками. Исследование проводилось строго натощак или период от последнего приема пищи не менее 6 ч. Для комплексной оценки органов брюшной полости и исключения сопутствующей патологии мы начинали со стандартного осмотра в В-режиме.

Измерения скорости сдвиговой волны, характеризующей жесткость паренхимы печени, проводились в положении на спине и на левом боку с отведенной правой рукой за голову в правой доле: субкостальный доступ, в десятом межреберье по средней подмышечной линии, в девятом, восьмом и седьмом межреберьях по передней подмышечной линии, в шестом и пятом межреберьях по среднеключичной линии, а также в левой доле. В каждой точке доступа выполнялось от 3 до 5 измерений, из полученных результатов рассчитывались среднее значение и медиана. Эластометрию проводили во время задержки дыхания не более 10 с (или при поверхностном дыхании). Измерения проводили на глубине не менее 20 мм от капсулы, поскольку близость соединительной ткани глиссоновой капсулы, обладающей повышенной жесткостью, могла влиять на увеличение скорости сдвиговой волны. По тем же причинам зону опроса располагали вдали от крупных сосудов и магистральных желчевыводящих путей. В качестве оптимальной зоны исходной эластометрической оценки мы предлагаем использовать V сегмент печени, имеющий минимальное количество крупных сосудистых структур и наиболее удаленный от сердечных и дыхательных движений, уменьшающих точность измерений.

Если было получено недопустимое значение скорости сдвига волны (представлено в виде XXX.XX), измерение повторялось до получения допустимого значения.

Стадия фиброза оценивалась по шкале METAVIR. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием компьютерной программы Excel 2000.

Значения скорости сдвиговой волны соответствовали нормативным (F0) только в положении на спине в девятом, восьмом и седьмом межреберьях по передней подмышечной линии на глубине от 2,0 до 6,0 см

от поверхности кожи, что и стало стандартом для дальнейших обследований [23, 24]. Также только в данных точках доступа в положении на спине интерквартильный размах составил менее 30%.

Для сравнения эхографических изменений в печени при различных стадиях фиброза обследованы 72 пациента. Всем пациентам выполнено стандартное ультразвуковое исследование печени, селезенки и ARFI-эластометрия печени с помощью ультразвукового сканера Acuson S2000 (Siemens, Германия) по разработанной выше методике [24–26].

Результаты измерений заносились в специально разработанный модуль АРМ (автоматизированное рабочее место) врача ультразвуковой диагностики «Ассистент» [24], вычислялась медиана полученных измерений и в соответствии со шкалой METAVIR определялась степень фиброза (F0/1/2/3/4), которая автоматически выносилась в заключение.

На основании полученных результатов пациенты были разделены на три группы: 1-ю группу составили 17 пациентов с F1 и F2 стадиями фиброза; 2-ю группу — 43 пациента с верифицированными с помощью эластометрии стадиями фиброза F3 и F4; 3-ю группу — 12 пациентов (9 мужчин и 3 женщин) без явных эхографических симптомов, но с верифицируемым фиброзом F2–F4 по эластометрии.

Результаты и их обсуждение. На основании обследования здоровых добровольцев разработан стандартизованный протокол и интегрирован в автоматизированное рабочее место врача ультразвуковой диагностики «Ассистент».

Выявлено, что при стадиях фиброза F1 и F2 у пациентов встречались от 1 до 4 эхографических симптомов; при фиброзе F3 и F4 — от 3 до 11 эхографических симптомов. Выделена особая группа пациентов — 12 пациентов без явных эхографических симптомов, но с верифицируемым фиброзом F2–F4 по эластометрии. У данной группы эхографические симптомы не определялись в 42% случаев, что составило 7% общего количества пациентов.

У пациентов 1-й группы были выявлены от 1 до 4 эхографических симптомов. По частоте обнаружения их можно выстроить в следующей последовательности:

1) увеличение размеров левой доли печени преимущественно за счет толщины у 14 пациентов (82%);

2) увеличение размеров селезенки у 8 пациентов (47%);

3) изменение эхоструктуры печени у 5 пациентов (29%);

4) увеличение соотношения между толщиной хвостатой доли и левой доли более, чем 1:3 у 3 пациентов (18%);

5) увеличение диаметра воротной вены у 2 пациентов (12%);

6) увеличение КВР правой доли у 2 пациентов (12%);

7) закругление угла левой доли у 1 пациента (6%).

У пациентов второй группы были выявлены от 3 до 11 эхографических симптомов. Наиболее часто встречающиеся из них можно выстроить в следующей последовательности:

1) увеличение размеров левой доли преимущественно за счет толщины у 40 пациентов (93%);

2) увеличение размеров селезенки у 33 пациентов (77%);

3) изменение эхоструктуры печени у 28 пациентов (65%);

4) увеличение соотношения между толщиной хвостатой доли и левой доли более, чем 1:3 у 20 пациентов (47%);

5) увеличение КВР правой доли у 19 пациентов (44%);

6) монофазный кровоток в воротной вене у 15 пациентов (35%).

Остальные симптомы встречались в меньшем проценте случаев.

У пациентов третьей группы встречались от 0 до 2 эхографических симптомов. Наиболее часто определяемый симптом — увеличение левой доли печени преимущественно за счет толщины у 6 пациентов (50%). Увеличение вертикального размера левой доли, соотношения между толщиной хвостатой доли и левой доли и изменение эхоструктуры печени и симптом пунктирной линии встречались лишь в единичных случаях. Эхографических симптомов не было выявлено у 42% обследуемых данной группы с верифицированным фиброзом F2–F4.

У женщин данной группы 1 или 2 эхографических симптома встречались в 100% случаев (3 пациента) при верифицированных при этом F3 и F4 стадиях. У мужчин 1 или 2 эхографических симптома встречались в 44% случаев (4 пациента из 9 — при F3 и F4), в остальных 56% случаев (5 пациентов из 9) эхографических симптомов не было выявлено. При этом у двух мужчин верифицирована F2, у одного — F3, у двух — F4 стадии фиброза.

Выводы.

1. При использовании стандартизированной методики выявлено, что при стадиях фиброза от F1 до F4 количество эхографических симптомов, в основном, увеличивается.

2. При любой стадии фиброза к наиболее чувствительным эхографическим изменениям относятся: увеличение размеров левой доли печени преимущественно за счет толщины, увеличение размеров селезенки, изменение эхоструктуры печени, увеличение соотношения между толщиной хвостатой доли и левой доли более чем 1:3.

3. При верифицированном фиброзе F1–F4 эхографические симптомы обнаруживаются в 93% случаев ($p < 0,01$). В 10% случаев при F3 и F4 стадиях фиброза встречаются лишь 1–2 эхографических симптома. Следовательно, отсутствие эхографических симптомов

или их небольшое количество не исключает наличие у пациента фиброза, в том числе и цирроза.

4. Среди обследуемых только у мужчин отсутствовали эхографические симптомы при верифицированном фиброзе F2–F4.

Таким образом:

1. Для нивелирования субъективизма в определении стадии фиброза печени при выполнении ARFI-эластометрии необходима стандартизированная методика. Нами была разработана данная методика и интегрирована в автоматизированное рабочее место врача ультразвуковой диагностики «Ассистент». Данная разработка позволяет автоматически вынести

заключение после занесения результатов измерений путем вычисления медианы и сопоставления со шкалой METAVIR;

2. Обнаружение у пациента при стандартном ультразвуковом исследовании даже единственного эхографического симптома должно насторожить врача ультразвуковой диагностики в плане возможного наличия фиброза или цирроза;

3. Необходимо включить эластографию в диагностический минимум ультразвукового исследования печени. Это позволит обнаруживать фиброзные изменения в тех случаях, когда они не визуализируются в стандартном В-режиме.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Феоктистова Е.В., Амосова А.А., Изотова О.Ю. и др. Возможности ARFI-эластографии в диагностике фиброза печени у детей с перегрузкой железом // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 5. С. 100. [Feoktistova E.V., Amosova A.A., Izotova O.Yu. i dr. Vozmozhnosti ARFI-ehlastografii v diagnostike fibroza pecheni u detej s peregruzkoj zhelezom. *Ul'trazvukovaya i funkcional'naya diagnostika*, 2015, No. 5, p. 100 (In Russ.)].
2. Феоктистова Е.В., Пыков М.И., Амосова А.А. и др. Применение ARFI-эластографии печени для оценки жесткости у детей различных возрастных групп // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 6. С. 46–55. [Feoktistova E.V., Pykov M.I., Amosova A.A. i dr. Primenenie ARFI-ehlastografii pecheni dlya ocenki zhestkosti u detej razlichnyh vozrastnyh grupp. *Ul'trazvukovaya i funkcional'naya diagnostika*, 2013, No. 6, pp. 46–55 (In Russ.)].
3. Маянский Д.Н. Цирроз печени глазами патофизиолога // Практическая медицина. 2012. № 6 (61). С. 83–85. [Mayanskij D.N. Cirroz pecheni glazami patofiziologa. *Prakticheskaya medicina*, 2012, No. 6 (61), pp. 83–85 (In Russ.)].
4. Петров В.Н., Лапотникова В.А. Цирроз печени // Российский семейный врач. 2011. № 3. С. 46–51. [Petrov V.N., Lapotnikova V.A. Cirroz pecheni. *Rossijskij semejnyj vrach*, 2011, No. 3, pp. 46–51 (In Russ.)].
5. URL http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/en/ (data obrashcheniya: 17.09.2017).
6. Морозова Т.Г., Борсуков А.В. Компрессионная эластография в диагностике стадий фиброзного процесса печени // Клиническая медицина. 2014. Т. 6, № 3. С. 80–84. [Morozova T.G., Borsukov A.V. KompriSSIONnaya ehlastografiya v diagnostike stadij fibroznogo processa pecheni. *Klinicheskaya medicina*, 2014, Vol. 6, No. 3, pp. 80–84 (In Russ.)].
7. Koizumi Y., Hirooka M., Kisaka Y. et al. Liver fibrosis in patients with chronic hepatitis C: noninvasive diagnosis by means of real-time tissue elastography — establishment of the method for measurement. *Radiol.*, 2011, Vol. 258, No. 2, pp. 610–617.
8. Проекты глобальных стратегий сектора здравоохранения. Вирусный гепатит, 2016–2021. Доклад секретариата. Шестидесят девятая сессия Всемирной Ассамблеи Здравоохранения. Пункт 15.1 предварительной повестки дня. 22 апреля 2016 г. [Proekty global'nyh strategij sektora zdravooxraneniya. Virusnyj gepatit, 2016–2021. Doklad sekretariata. Shest'desyat devyataya sessiya Vsemirnoj Assamblei Zdravooxraneniya. Punkt 15.1 predvaritel'noj povestki dnya. 22 aprelya 2016 g. (In Russ.)].
9. Аришева О.С., Гармаш И.В., Кобалава Ж.Д., Моисеев В.С. Методы диагностики фиброза печени // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2013. № 7. С. 49–55. [Arisheva O.S., Garmash I.V., Kobalava Zh.D., Moiseev V.S. Metody diagnostiki fibroza pecheni. *Ehksperimental'naya i klinicheskaya gastroehnterologiya*, 2013, No. 7, pp. 49–55 (In Russ.)].
10. Goertz R.S., Zopf Y., Jugl V. et al. Measurement of liver elasticity with acoustic radiation force impulse (ARFI) technology: An alternative noninvasive method for staging liver fibrosis in viral hepatitis. *Ultraschall in der Medizin*, 2010, Vol. 31 (2), pp. 151–155.
11. Lupsor M., Badea R., Stefanescu H. et al. Performance of a new elastographic method (ARFI technology) compared to unidimensional transient elastography in the noninvasive assessment of chronic hepatitis C. Preliminary results. *Journal of Gastrointestinal and Liver Diseases*, 2009, Vol. 18 (3), pp. 303–310.
12. Митьков В.В., Хуако С.А., Ампилилова Э.Р. и др. Оценка воспроизводимости результатов количественной ультразвуковой эластографии // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. № 2. С. 115–119. [Mit'kov V.V., Huako S.A., Ampigilova E.H.R. i dr. Ocenka vosproizvodimosti rezul'tatov kolichestvennoj ul'trazvukovoj ehlastografii. *Ul'trazvukovaya i funkcional'naya diagnostika*, 2011, No. 2, pp. 115–119 (In Russ.)].
13. Диомидова В.Н., Петрова О.В. Сравнительный анализ результатов эластографии сдвиговой волной и транзентной эластографии в диагностике диффузных заболеваний печени // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 17–23. [Diomidova V.N., Petrova O.V. Sravnitel'nyj analiz rezul'tatov ehlastografii sdvigovoj volnoj i tranzientnoj ehlastografii v diagnostike diffuznyh zabolevanij pecheni. *Ul'trazvukovaya i funkcional'naya diagnostika*, 2013, No. 5, pp. 17–23 (In Russ.)].
14. Кляритская И.Л., Шелихова Е.О., Мошко Ю.А. Транзентная эластография в оценке фиброза печени // Крымский терапевтический журнал. 2015. Т. 3, № 26. С. 18–30. [Klyaritskaya I.L., Shelihova E.O., Moshko Yu.A. Tranzientnaya ehlastografiya v ocenke fibroza pecheni. *Krymskij terapevticheskij zhurnal*, 2015, Vol. 3, No. 26, pp. 18–30 (In Russ.)].
15. Nightingale K. Acoustic radiation force impulse (ARFI) imaging: A review. *Current Medical Imaging Reviews*, 2011, Vol. 7 (4), pp. 328–339.

16. Борсуков А.В., Морозова Т.Г. Диагностические возможности соноэластографии печени и селезенки при диффузных заболеваниях печени // Лучевая диагностика: Радиология — практика. 2014. № 4 (46). С. 6–17. [Borsukov A.V., Morozova T.G. Diagnosticheskie vozmozhnosti sonoehlastografii pecheni i selezenki pri diffuznyh zabolevaniyah pecheni. *Luchevaya diagnostika: Radiologiya — praktika*. 2014, No. 4 (46), pp. 6–17 (In Russ.)].
17. Зыкин Б.И., Постнова Н.А., Медведев М.Е. Эластография: анатомия метода // Променева диагностика, променева терапия. 2012. № 2–3. С. 107–113. [Zykin B.I., Postnova N.A., Medvedev M.E. Elastografiya: anatomiya metoda. *Promeneva diagnostika, promeneva terapiya*, 2012, No. 2–3, pp. 107–113 (In Russ.)].
18. Cassinotto C., Boursier J., de Ledinghen V. et al. Liver stiffness in nonalcoholic fatty liver disease: A comparison of supersonic shear imaging, FibroScan, and ARFI with liver biopsy. *Hepatology*, 2016, Vol. 63 (6), pp. 1817–1827.
19. Eiler J., Kleinholdermann U., Albers D. et al. Standard value of ultrasound elastography using acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) in healthy liver tissue of children and adolescents. *Ultraschall. Med.*, 2012, Vol. 33, No. 5, pp. 474–479.
20. Fink M., Tanter M. A multiwave imaging approach for elastography. *Current Medical Imaging Reviews*, 2011, Vol. 7 (4), pp. 340–349.
21. Friedrich-Rust M., Wunder K., Kriener S. et al. Liver fibrosis in viral hepatitis: Noninvasive assessment with acoustic radiation force impulse imaging versus transient elastography. *Radiology*, 2009, Vol. 252 (2), pp. 595–604.
22. Goertz R.S., Sturm J., Pfeifer L. et al. ARFI cut-off values and significance of standard deviation for liver fibrosis staging in patients with chronic liver disease. *Annals of Hepatology*, 2013, Vol. 12 (6), pp. 935–941.
23. Balakrishnan M., Souza F., Muñoz C. et al. Liver and spleen stiffness measurements by point shear wave elastography via acoustic radiation force impulse: Intraobserver and interobserver variability and predictors of variability in a US population. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 2016, vol. 35 (11), pp. 2373–2380.
24. Изранов В.А., Степанян И.А., Мартинович М.В. ARFI-эластометрия печени у здоровых добровольцев: стандартизация методики // Вестник Балтийского Федерального Университета им. И. Канта. Естественные и медицинские науки. 2016. № 2. С. 77–85 [Izranov V.A., Stepanyan I.A., Martinovich M.V. ARFI-ehlastometriya pecheni u zdorovykh dobrovol'tsev: standartizatsiya metodiki. *Vestnik Baltijskogo Federal'nogo Universiteta im. I. Kanta. Estestvennye i medicinskie nauki*, 2016, No. 2, pp. 77–85 (In Russ.)].
25. Изранов В.А., Казанцева Н.В., Белецкая М.А. Проблемы методических подходов к измерению и оценке размеров печени при УЗИ // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2017. № 1. С. 73–91. [Izranov V.A., Kazanceva N.V., Beleckaya M.A. Problemy metodicheskikh podhodov k izmereniyu i ocenke razmerov pecheni pri UZI. *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Ser.: Estestvennye i medicinskie nauki*, 2017, No. 1, pp. 73–91 (In Russ.)].
26. Изранов В.А., Степанян И.А., Мартинович М.В. Выбор оптимального сегмента для оценки скорости сдвиговой волны при проведении ARFI-эластометрии печени // Тезисы VII Съезда Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (10–13 ноября 2015 года, Москва) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 4. Приложение. С. 68. [Izranov V.A., Stepanyan I.A., Martinovich M.V. Vybór optimal'nogo segmenta dlya ocenki skorosti sdvigovoy volny pri provedenii ARFI-ehlastometrii pecheni // Tezisy VII S'ezda Rossijskoj asociacii specialistov ul'trazvukovoj diagnostiki v medicene (10–13 noyabrya 2015 goda, Moskva). *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*, 2015, No. 4, Prilozhenie, p. 68 (In Russ.)].

Поступила в редакцию: 26.06.2017 г

Контакт: Степанян Ирина Андраниковна, irina.stepanyan.7@gmail.com

Сведения об авторах:

Степанян Ирина Андраниковна — аспирант кафедры фундаментальной медицины Медицинского института ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ «Инфекционная больница Калининградской области», 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, д. 14; e-mail: irina.stepanyan.7@gmail.com;

Кобинец Юлия Васильевна — студентка VI курса ВПО Медицинского института ФГАОУ ВПО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, д. 14; e-mail: juliakobinets@ya.ru;

Изранов Владимир Александрович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фундаментальной медицины Медицинского института ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», врач ультразвуковой диагностики Клинико-диагностического центра БФУ им. И. Канта; 236010, г. Калининград, ул. Д. Донского, д. 27, учебно-лабораторный корпус медицинского института БФУ им. И. Канта, кафедра фундаментальной медицины; e-mail: V.Izranov@kantiana.ru;

Овчинников Олег Игоревич — студент VI курса ВПО Медицинского института ФГАОУ ВПО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»; 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, д. 14; e-mail: Ovchinnikovo1@rambler.ru.