

Возможности эластографии сдвиговой волной в комплексной оценке паренхимы печени у детей

М.И. Пыков¹, <https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>, pykov@yandex.ru

Н.Е. Кузьмина^{2✉}, k-natalya@inbox.ru

Н.М. Ростовцев^{2,3}, rostovcevm@mail.ru

¹ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1

² Челябинская областная детская клиническая больница; 454087, Россия, Челябинск, ул. Блюхера, д. 42а

³ Южно-Уральский государственный медицинский университет; 454092, Россия, Челябинск, ул. Воровского, д. 64г

Резюме

Введение. Хронические болезни печени у детей сопровождаются фиброзно-цирротической трансформацией органа. Современная ультразвуковая диагностика предлагает методику, способную дифференцировать фиброзную ткань от неизменной. Работа включает результаты исследования жесткости печени у здоровых детей с использованием эластографии сдвиговой волной. Представленная в статье методика может активно использоваться в комплексной оценке печени для неинвазивного выявления фиброза в педиатрической практике.

Цель работы. Изучить жесткость неизменной печени у детей в разных гендерно-возрастных группах.

Материалы и методы. Сдвигово-волновая эластография выполнена у 200 здоровых детей в возрасте от 3 до 18 лет (103 девочки и 97 мальчиков) с использованием аппарата Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция), в трех возрастных подгруппах: 3–6 лет ($n = 103$), 7–11 лет ($n = 52$) и 12–18 лет ($n = 45$). Измерения проводились в разных сегментах правой доли печени, в зоне, свободной от сосудистых структур, устанавливая зону опроса на глубине 3–5 см от капсулы. Проводилось не менее 10 замеров, по результатам которых высчитывалась средняя величина эластичности печени.

Результаты. В ходе исследования определены показатели нормальной жесткости печени в группе здоровых детей. Достоверные различия жесткости печени получены при сравнении показателей возрастных групп 3–6 лет и 7–11 лет ($P = 0,001$); 3–6 лет и 12–18 лет ($P = 0,001$); не выявлено статистически значимых различий значений жесткости в зависимости от пола ($P = 0,345$).

Выводы. Полученные показатели модуля Юнга могут использоваться в качестве нормативных. Эластография сдвиговой волной повышает точность обычного ультразвукового исследования в выявлении пациентов с заболеваниями печени.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, эластография сдвиговой волной, печень, дети, фиброз

Для цитирования: Пыков М.И., Кузьмина Н.Е., Ростовцев Н.М. Возможности эластографии сдвиговой волной в комплексной оценке паренхимы печени у детей. *Медицинский совет.* 2022;16(12):146–151. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-146-151>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Shear wave elastography options in the integrated assessment of liver parenchyma in children

Mikhail I. Pykov¹, <https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>, pykov@yandex.ru

Natalya E. Kuzmina^{2✉}, k-natalya@inbox.ru

Nikolay M. Rostovtsev^{2,3}, rostovcevm@mail.ru

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; 2/1, Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia

² Chelyabinsk Regional Children Clinical Hospital; 42a, Blucher St., Chelyabinsk, 454087, Russia

³ South Ural State Medical University; 64g, Vorovskiy St., Chelyabinsk, 454092, Russia

Abstract

Introduction. Chronic liver diseases in children are accompanied by fibrocirrhotic transformation of the organ. Modern ultrasound diagnostic procedures offer a method that can differentiate between the fibrous and unchanged tissues. The paper includes the results of a study of liver stiffness in healthy children using shear wave elastography. The method presented in the article can come to an active use in the non-invasive detection of fibrosis as part of the integrated assessment of liver in pediatric practice.

Aim. To study the stiffness of unchanged liver in children of different gender and age groups.

Materials and methods. Shear wave elastography was performed in 200 healthy children aged 3 to 18 years (103 girls and 97 boys) using Aixplorer apparatus (Supersonic Imagine, France), in three age subgroups: a 3- to 6-year-old group ($n = 103$), a 7- to 11-year-old group ($n = 52$), and a 12- to 18-year-old group ($n = 45$). The measurements were taken in different segments of the right lobe of the liver, in the area free from the vascular structures, fixing the zone of scanning at the depth of 3–5 cm from the capsule. Not less than 10 measurements were made, which enabled to calculate the mean value of liver elasticity.

Results. The study identified the liver stiffness measurement normal range in a group of healthy children. Significant differences in liver stiffness were obtained by comparing the values of 3- to 6-year-old and 7- to 11-year-old groups ($P = 0.001$); 3- to 6-year-old and 12- to 18-year-old groups ($P = 0.001$); there were no statistically significant differences in the stiffness values depending on gender ($P = 0.345$).

Conclusions. Young modulus values obtained may be used as normative. The use of shear wave elastography enhances the accuracy of the conventional ultrasound examination in identifying patients with liver disease.

Keywords: ultrasound diagnostics, shear wave elastography, liver, children, fibrosis

For citation: Pykov M.I., Kuzmina N.E., Rostovtsev N.M. Shear wave elastography options in the integrated assessment of liver parenchyma in children. *Meditsinskiy Sovet.* 2022;16(12):146–151. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-146-151>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Хронические диффузные заболевания печени (ХДЗП) остаются актуальным вопросом современной детской гастроэнтерологии в связи с широким распространением среди детского населения. ХДЗП представляют собой обширную, неоднородную по этиопатогенетическим признакам и клинической картине группу патологических состояний, имеющих разные темпы прогрессирования, исходом которых нередко является цирроз с декомпенсацией печеночных функций [1].

Благодаря большим компенсаторным возможностям печени, течение заболеваний длительно является малосимптомным, поэтому клиническая манифестация и обращение пациента за медицинской помощью зачастую происходит уже при тяжелых морфологических изменениях органа, когда истощены механизмы адаптации и компенсации [2].

Цирроз становится причиной гибели пациентов в связи с развитием осложнений: кровотечения из варикозно расширенных вен пищевода, асцита, энцефалопатии, геморрагического синдрома, трансформации в гепатоцеллюлярную карциному.

У детей хронические заболевания печени развиваются в результате длительного воздействия на ее паренхиму разнообразных этиологических факторов, к которым относятся вирусы, аутоантитела, холестаза, метаболические нарушения, воздействие токсических агентов и др. Наиболее часто процесс развивается в исходе аномалий желчных протоков (75,6%), альфа1-антитрипсиновой недостаточности (63,6%), аутоиммунного гепатита (56,9%), хронического гепатита D (57,4%), болезни Вильсона – Коновалова (45,6%) [3].

Несмотря на полиэтиологичность хронических диффузных заболеваний печени, фиброгенез представляет собой универсальный патофизиологический процесс в ответ на повреждение печени, характеризующийся избыточным отложением экстрацеллюлярного матрикса в результате увеличения синтеза его компонентов и уменьшения скорости их разрушения [4, 5].

В настоящее время золотым стандартом диагностики при диффузных поражениях печени считается пункционная биопсия с гистологическим исследованием материала, что позволяет подтвердить и уточнить клинический

диагноз. В результате биопсии необходимо получить такой объем образца ткани печени, который будет достаточным для исчерпывающего морфологического заключения, т. к. в ряде случаев малый объем полученного материала требует проведения повторной манипуляции. Метод является инвазивным и может вызывать ряд осложнений, таких как болевой синдром, массивные кровотечения, образование подкапсульных гематом печени, развитие желчного перитонита и др. Таким образом, в педиатрической практике пункционную биопсию печени рекомендуется выполнять только в том случае, если иные, неинвазивные методы исследования, не позволяют сформулировать точный диагноз [6–8].

Вопросы динамики прогрессирования фиброза остаются нерешенными, в связи с чем важны разработки в области ранней диагностики фиброза, поскольку именно ранняя диагностика, доступный динамический контроль прогрессирования фиброзного процесса на фоне терапии представляются важной, порой жизнеобеспечивающей задачей.

Ультразвуковое исследование гепатобилиарной системы с определением показателей портального кровотока – достаточно информативный, неинвазивный и недорогой метод. Изменения эхогенности печени предшествует клиническим и биохимическим проявлениям заболевания печени, что становится важным диагностическим этапом. Тем не менее при ультразвуковом исследовании существует четко внутри- и межнаблюдательная изменчивость. По данным P.R. Mueller-Abt et al. [9], достоверно исключить ранний фиброз невозможно, т. к. положительная прогностическая ценность ультразвукового исследования соответствует только 33%, чувствительность – 57%. Микроархитектурные изменения не могут быть замечены «невооруженным» глазом в обычном режиме В-изображения. Таким образом, обычного ультразвукового исследования печени недостаточно для выявления ранних фиброзных изменений паренхимы. Специалисты мотивированы на поиск неинвазивных методов, которые позволят не только выявить изменения печени, но и будут способны осуществлять динамическое наблюдение за фиброзным процессом.

Одним из новых направлений развития ультразвуковой диагностики стала эластография сдвиговой волной – методика, позволяющая получить дополнительную

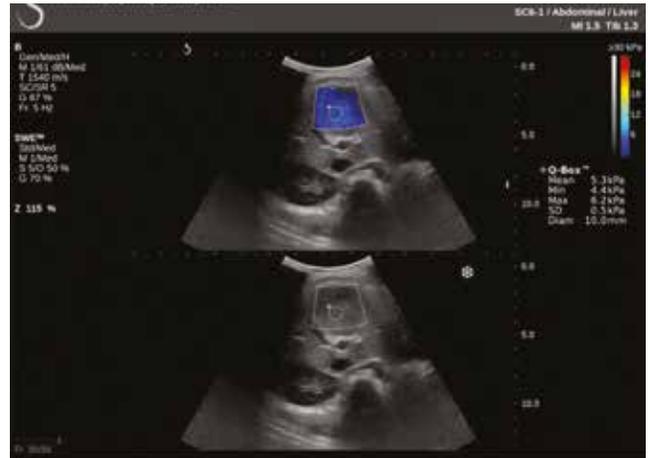
информацию об упругих свойствах тканей. Важным свойством ткани является упругость (эластичность, сжимаемость), которая зависит от ее механических свойств. Упругость может меняться под воздействием патофизиологических процессов; патологические ткани, как правило, более жесткие, чем окружающие здоровые, и данный факт регистрируют разные виды ультразвуковой эластографии. Эластография сдвиговой волной – методика, которая позволяет оценивать эластические свойства тканей при проведении обычного ультразвукового исследования путем измерения значений скорости сдвиговой волны (м/с) или модуля Юнга (кПа) в интересующих нас органах и тканях. Точечная эластография сдвиговой волной (point shear wave elastography) позволяет оценивать скорость сдвиговой волны в зоне интереса, которую под контролем серошкальной эхографии мы можем установить в интересующий нас участок, при этом на экране сканера отображается среднее значение скорости сдвиговой волны (м/с). При двумерной эластографии сдвиговой волной мы получаем не только количественную информацию в виде цифровых значений скорости сдвиговой волны, но и качественную информацию: так, участки с разными значениями модуля Юнга картируются разными цветами. Цвет в районе интереса определяют именно цифровые значения указанных параметров: красным цветом маркируют, как правило, более жесткие ткани, мягкие – синим. Для каждой зоны интереса (Q-Box) представлены следующие характеристики: среднее значение модуля Юнга (E_{mean}, кПа), максимальное значение модуля Юнга (E_{max}, кПа), минимальное значение модуля Юнга (E_{min}, кПа), стандартное отклонение от среднего значения модуля Юнга (SD, кПа), а также диаметр зоны интереса (Q-Box) (мм) [10, 11]. Цветовую эластограмму можно просматривать в режиме реального времени одновременно с серошкальным изображением, сопоставляя в двух параллельных окнах (рис. 1, 2).

Руководящие принципы и рекомендации по клиническому использованию эластографии (EFSUMB, WFUMB) регламентируют применение эластографии у взрослых [11–18]. Рекомендации для взрослых пациентов требуют изучения в детской практике, могут применяться с учетом особенностей педиатрических пациентов. Беспокойное поведение при обследовании детей раннего возраста, небольшие промежутки между приемом пищи у младенцев, сложности с задержкой дыхания могут влиять на воспроизводимость измерений и точность диагностики в педиатрии, в связи с чем ультразвуковая эластография меньше изучена в своем применении у детей.

Тем не менее все больше исследовательских групп сообщают о применении эластографии в оценке жесткости печени у здоровых детей и пациентов с ее диффузными заболеваниями: в зоне внимания возрастные и гендерные особенности жесткости, зависимость показателей от индекса массы тела, применения седативных препаратов и приема пищи. Обсуждается техника выполнения процедуры – положение пациента, выбор датчика, зоны и количества измерений, условия проведения. Кроме того, появились работы, где эластография используется

● **Рисунок 1.** В-режим и режим эластографии сдвиговой волной

● **Figure 1.** B-Mode and shear wave elastography mode



Количественный анализ (E_{mean} = 5,3 кПа), качественный анализ (цветовая картограмма представлена синим цветом) показывает неизменную паренхиму печени

● **Рисунок 2.** В-режим и режим эластографии сдвиговой волной

● **Figure 2.** B-Mode and shear wave elastography mode



Количественный анализ (E_{mean} = 27,4 кПа), качественный анализ (цветовая картограмма представлена красным) показывает измененную паренхиму печени, цирроз

в оценке селезенки, щитовидной железы, почечной паренхимы, кишечника, мышц [19–26].

При этом исследователи обращают внимание на то, что данные о жесткости печени, полученные с использованием различных ультразвуковых приборов и различных технологий эластографии, нельзя сравнивать между собой. Показатели нормы для разных возрастных и гендерных групп при литературном поиске сведений четко не определены. В связи с чем целью нашего исследования явилось определение гендерно-возрастных показателей «жесткости» печени у практически здоровых детей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включено 200 практически здоровых детей в возрасте от 3 до 18 лет. В отношении всех пациентов было получено письменное информированное согласие законных представителей. Исследование одобрено этическим комитетом Челябинской областной детской клинической больницы. Все пациенты были раз-

биты на 3 группы в соответствии возрастной периодизации по А.В. Мазурину, И.М. Воронцову [27]. Первая группа (возраст 3–6 лет) – 103 ребенка, вторая группа (возраст 7–11 лет) – 52 ребенка, третья группа (12–18 лет) – 45 детей. При включении в контрольную группу практически здоровых детей учитывались следующие критерии: рост и вес каждого ребенка в интервале от 5-го до 95-го процентиля возрастной нормы [28], отсутствие в анамнезе заболевания печени и (или) застойной сердечной недостаточности: отсутствие воспалительных изменений по данным общего и биохимического анализов крови (признаков холестаза, цитолиза); отсутствие патологии печени, желчевыводящих путей, поджелудочной железы и селезенки по данным ультразвукового исследования в серошкальном и доплерографическом режимах; спокойное поведение ребенка во время исследования. Исследование осуществлялось на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) широкополосным конвексным датчиком, работающим в диапазоне частот 1–6 МГц. Исследование выполнялось натощак, сразу после стандартного ультразвукового осмотра органов брюшной полости и забрюшинного пространства. Эластографию проводили на фоне спокойного дыхания, иногда во время задержки дыхания не более 10 сек или во время неглубокого вдоха. В положении пациента на спине для визуализации печени использовали межреберный и эпигастральный доступы. Датчик располагали перпендикулярно поверхности тела с минимальным мануальным давлением. Измерения проводились в разных сегментах правой доли печени, в зоне, свободной от сосудистых структур, устанавливая зону опроса на глубине 3–5 см от капсулы. Проводилось не менее 10 замеров, по результатам которых высчитывалась средняя величина эластичности печени.

Статистическая обработка данных

Статистическая обработка данных проводилась в пакете IBM SPSS Statistics 19. Большинство количественных показателей не подчинялось нормальному распределению, поэтому были использованы методы непараметрической статистики. Все количественные данные представлены в виде M (среднее значение), m (стандартная ошибка среднего значения), σ (стандартное отклонение), медианы (50-й процентиль), 25–75-го процентилей и минимального и максимального значений. Сравнение количественных параметров проводилось с использованием критерия Манна – Уитни, качественных – точного критерия Фишера. Достоверными считались различия при значениях $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эластографическая картина неизменной печени у всех детей характеризовалась окрашиванием паренхимы обеих долей однородным синим цветом без участков локального повышения жесткости (рис. 3). Медиана значения E_{mean} в группе сравнения составила 5,00 кПа, E_{max} – 6,3 кПа. (табл. 1).

● **Рисунок 3.** Пример оценки жесткости печени у здорового ребенка: В-режим и режим двумерной эластографии сдвиговой волной

● **Figure 3.** An example of liver stiffness evaluation in a healthy child: B-mode and 2D shear wave elastography



Результаты одного из 10 замеров. $E_{mean} = 4,0$ кПа. Однородное окрашивание без участков локального повышения жесткости

● **Таблица 1.** Значение модуля Юнга (E_{mean} , кПа) паренхимы неизменной печени в исследуемой группе здоровых детей

● **Table 1.** Young modulus value (E_{mean} , kPa) of the unchanged liver parenchyma in the study group of healthy children

Группа	Модуль Юнга, кПа				
	$M \pm m$	Медиана	Минимальное-максимальное значения	25–75-й процентиль	σ
3–18 лет	$5,01 \pm 0,03$	5,00	3,00–6,30	4,70–5,38	0,49

Для уточнения возрастных особенностей жесткости неизменной паренхимы все обследованные пациенты были разделены на три подгруппы в соответствии возрастной периодизации по А.В. Мазурину, И.М. Воронцову. Подгруппа 1 включала в себя 103 ребенка в возрасте от 3 до 6 лет. Подгруппа 2 состояла из 52 детей в возрасте от 7 до 11 лет. В подгруппу 3 вошли 45 детей в возрасте от 12 до 18 лет. Медиана значения E_{mean} в возрастной группе 3–6 лет ($n = 103$) составила 4,90 кПа, E_{max} – 6,18 кПа. Медиана значения E_{mean} в возрастной группе 7–11 лет ($n = 52$) составила 5,03 кПа, E_{max} – 6,00 кПа. Медиана значения E_{mean} в возрастной группе 12–18 лет ($n = 45$) составила 5,24 кПа, E_{max} – 6,20 кПа. Полученные данные значения жесткости паренхимы неизменной печени в различных возрастных группах представлены в табл. 2.

Достоверные различия жесткости получены при сравнении показателей возрастных групп 3–6 лет и 7–11 лет ($P = 0,001$), 3–6 лет и 12–18 лет ($P = 0,001$). Между второй и третьей возрастной подгруппой статистически значимые различия не установлены ($P > 0,001$).

Для уточнения половых различий в показателях жесткости неизменной паренхимы печени нами был проведен анализ значений модуля Юнга у девочек ($n = 103$) и мальчиков ($n = 97$). Результаты анализа представлены в табл. 3.

- **Таблица 2.** Значение модуля Юнга (Emean, кПа) паренхимы неизменной печени в различных возрастных группах
- **Table 2.** Young modulus value (Emean, kPa) of parenchyma of unchanged liver in different age groups

Возрастные группы	Модуль Юнга, кПа				
	M ± m	Медиана	Минимальное-максимальное значения	25–75-й процентиль	σ
3–6 лет (n = 103)	4,89 ± 0,04	4,90	3,48–6,18	4,56–5,22	0,45
7–11 лет (n = 52)	5,09 ± 0,07	5,03	3,00–6,00	4,98–5,41	0,48
12–18 лет (n = 45)	5,18 ± 0,08	5,24	4,05–6,20	4,77–5,54	0,51

- **Таблица 3.** Значение модуля Юнга (Emean, кПа) паренхимы неизменной печени в различных гендерных группах
- **Table 3.** Young modulus value (Emean, kPa) of parenchyma of unchanged liver in different gender groups

Группы	Модуль Юнга, кПа				
	M ± m	Медиана	Минимальное-максимальное значения	25–75-й процентиль	σ
Мальчики (n = 97)	5,07 ± 0,07	5,08	4,06–6,00	4,82–5,50	0,48
Девочки (n = 103)	5,03 ± 0,05	4,99	4,26–5,70	4,78–5,33	0,36

Достоверных статистически значимых различий значений жесткости в зависимости от пола нет; медиана Emean у мальчиков – 5,08 кПа, у девочек – 4,99 кПа (P = 0,345).

Таким образом, нормальная эластографическая картина печени характеризуется однородным окрашиванием паренхимы в синие цвета в пределах цветового окна, без наличия участков локального повышения жесткости. Среднее значение модуля Юнга – 5,01 кПа ± 0,03, медиана значения Emean – 5,00 кПа (4,70–5,38). Выявлено достоверное увеличение жесткости печени у детей старше 6 лет. Не установлено достоверных различий жесткости в зависимости от пола. Данные показатели жесткости могут иметь определенное значение при интерпретации результатов эластометрии сдвиговой волной в процессе диагностического обследования печени у детей и рекомендоваться в качестве нормативных.

ВЫВОДЫ

ЭСВ может успешно использоваться в педиатрической практике, улучшать возможности исследования в режиме серой шкалы, повышая прогностическую точность для выявления пациентов с заболеваниями печени. Использование эластографии сдвиговой волной позволит улучшить раннюю диагностику фиброзных изменений паренхимы.

Поступила / Received 20.04.2022
Поступила после рецензирования / Revised 15.05.2022
Принята в печать / Accepted 23.05.2022



Список литературы / References

1. Вольнец Г.В., Потапов А.С., Полякова С.И., Александров А.Е., Сенякович В.М., Сурков А.Н. и др. Определение степени нарушения функции печени у детей. *Вопросы современной педиатрии*. 2013;(4):47–51. Режим доступа: <https://vsp.spr-journal.ru/jour/article/view/304>.
2. Орловский Д.В., Ошмянская Н.Ю., Недзвецкая Н.В. Место пункционной биопсии в диагностике хронических диффузных заболеваний печени. *Гастроэнтерология*. 2013;(2):47–52. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-punktsionnoy-biopsii-v-diagnostike-hronicheskikh-diffuznyh-zabolevaniy-pecheni>.
3. Готьё С.В. Трансплантация печени: современное состояние проблемы. *Альманах института хирургии имени А.В. Вишневского*. 2008;(3):9–17. https://www.polysalov.vipvrach.ru/download/Transplantacija_pecheni_sovremennoe_sostojanie_problemy.pdf.
4. Gauthier S.V. Liver transplantation: the current state of the problem. *Almanakh Instituta Khirurgii imeni A.V. Vishnevsogo*. 2008;(3):9–17. (In Russ.) Available at: https://www.polysalov.vipvrach.ru/download/Transplantacija_pecheni_sovremennoe_sostojanie_problemy.pdf.
5. Braet F., Wisse E. Structural and functional aspects of liver sinusoidal endothelial cell fenestrae: a review. *Comp Hepatol*. 2002;1(1):1. <https://doi.org/10.1186/1476-5926-1-1>.
6. Elpek G.O. Cellular and molecular mechanisms in the pathogenesis of liver fibrosis. *World J Gastroenterol*. 2014;20(23):7260–7276. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i23.7260>.
7. Minuk G.Y., Shutherland L.R., Wiseman D., Mac Donald F.R., Ding D.L. Prospective study of the incidence of ultrasound detected intrahepatic and subcapsular haematomas in patients randomized to 6 or 24 hours of bed rest after percutaneous liver biopsy. *Gastroenterology*. 1987;92(2):290–293. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(87\)90119-3](https://doi.org/10.1016/0016-5085(87)90119-3).
8. Dezsöfi A., Baumann U., Dhawan A., Durmaz O., Fischler B., Hadzic N. et al. Liver Biopsy in Children: Position Paper of the ESPGHAN Hepatology Committee. *Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2015;60(3):408–420. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000000632>.
9. Сурков А.Н. Современные методы диагностики фиброза печени у детей. *Педиатрическая фармакология*. 2009;(3):45–51. Режим доступа: <https://www.pedpharma.ru/jour/article/view/916>.
10. Surkov A. Modern diagnostic tools for detecting hepatic fibrosis in children. *Pediatric Pharmacology*. 2009;(3):45–51. (In Russ.) Available at: <https://www.pedpharma.ru/jour/article/view/916>.
11. Mueller-Abt P.R., Frawley K.J., Greer R.M., Lewindon P.J. Comparison of ultrasound and biopsy findings in children with cystic fibrosis related liver disease. *J Cyst Fibros*. 2008;7(3):215–219. <https://doi.org/10.1016/j.jcf.2007.08.001>.
12. Митьков В.В., Митькова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015;(2):94–108. Режим доступа: http://vidar.ru/Article.asp?fid=USFD_2015_2_94.
13. Mitkov V.V., Mitkova M.D. Ultrasound Shear Wave Elastography. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2015;(2):94–108. (In Russ.) Available at: http://vidar.ru/Article.asp?fid=USFD_2015_2_94.
14. Митьков В.В., Хуако С.А., Ампилогова Э.Р., Митькова М.Д. Оценка воспроизводимости результатов количественной ультразвуковой эластографии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2011;(2):115–120. Режим доступа: https://vidar.ru/Article.asp?fid=USFD_2011_2_115.
15. Mitkov V.V., Khuako S.A., Ampilogova E.R., Mitkova M.D. Evaluation of the reproducibility of the results of quantitative ultrasound elastography. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2011;(2):115–120. (In Russ.) Available at: https://vidar.ru/Article.asp?fid=USFD_2011_2_115.
16. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S., Cantisani V., Castera L. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (long version). *Ultraschall Med*. 2017;38(4):e16–e47. <https://doi.org/10.1055/s-0043-103952>.
17. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S., Cantisani V., Castera L. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (short version). *Ultraschall Med*. 2017;38(4):377–394. <https://doi.org/10.1055/s-0043-103955>.
18. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F., Fromageau J., Bojunga J., Calliada F. et al. Efsumb guidelines and recommendations on the clinical use of ultra-

- sound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med.* 2013;34(2):169–184. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335205>.
15. Shiina T, Nightingale K.R., Palmeri M.L., Hall T.J., Bamber J.C., Barr R.G. et al. Wfumb guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: Basic principles and terminology. *Ultrasound Med Biol.* 2015;41(5):1126–1147. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.009>.
 16. Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J., Bojunga J., Correas J.-M., Gilja O.H. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications. *Ultraschall Med.* 2013;34(3):238–253. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335375>.
 17. Ferraioli G., Filice C., Castera L., Choi B.I., Sporea I., Wilson S.R. et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 3: liver. *Ultrasound Med Biol.* 2015;41(5):1161–1179. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.007>.
 18. Ferraioli G., Wong V.W., Castera L., Choi B.I., Sporea I., Wilson S.R. et al. Liver Ultrasound Elastography: An Update to the World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology Guidelines and Recommendations. *Ultrasound Med Biol.* 2018;44(12):2419–2440. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2018.07.008>.
 19. Pawluś A., Sokołowska-Dąbek D., Szymańska K., Inglot M.S., Zaleska-Dorobisz U. Ultrasound Elastography – Review of Techniques and Its Clinical Applications in Pediatrics – Part 1. *Adv Clin Exp Med.* 2015;24(3):537–543. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26467146>.
 20. Dietrich C.F., Sirlı R., Ferraioli G., Popescu A., Sporea I., Pienar C. et al. Current Knowledge in Ultrasound-Based Liver Elastography of Pediatric Patients. *Appl Sci.* 2018;8:944. <https://doi.org/10.3390/app8060944>.
 21. Dietrich C.F., Ferraioli G., Sirlı R., Popescu A., Sporea I., Pienar C. et al. General advice in ultrasound based elastography of pediatric patients. *Med Ultrason.* 2019;21(3):315–326. <https://doi.org/10.11152/mu-2063>.
 22. Zaleska-Dorobisz U., Pawluś A., Szymańska K., Łasecki M., Ziajkiewicz M. Ultrasound Elastography – Review of Techniques and Its Clinical Applications in Pediatrics – Part 2. *Adv Clin Exp Med.* 2015;24(4):725–730. <https://doi.org/10.17219/acem/34581>.
 23. Andersen S.B., Ewertsen C., Carlsen J.F., Henriksen B.M., Nielsen M.B. Ultrasound Elastography Is Useful for Evaluation of Liver Fibrosis in Children—A Systematic Review. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2016;63(4):389–399. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001171>.
 24. Franchi-Abella S., Corno L., Gonzales E., Antoni G., Fabre M., Ducot B. et al. Feasibility and Diagnostic Accuracy of Supersonic Shear-Wave Elastography for the Assessment of Liver Stiffness and Liver Fibrosis in Children: A Pilot Study of 96 Patients. *Radiology.* 2016;278(2):554–562. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142815>.
 25. Tutar O., Beşer Ö.F., Adaletli I., Tunc N., Gulcu D., Kantarci F. et al. Shear wave elastography in the evaluation of liver fibrosis in children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2014;58(6):750–755. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000000329>.
 26. Hanquinet S., Rougemont A.L., Courvoisier D., Rubbia-Brandt L., McLin V., Tempia M., Anooshiravani M. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography for the noninvasive diagnosis of liver fibrosis in children. *Pediatr Radiol.* 2013;43(5):545–511. <https://doi.org/10.1007/s00247-012-2595-8>.
 27. Мазурин А.В., Воронцов М.И. *Пропедевтика детских болезней.* М.; 1985. 432 с. Режим доступа: https://krasgmu.ru/nirs/files/1448282187_379_propedevtika_detskih_bolezney_a.v.mazurin.pdf.
 28. Баранов А.А. *Педиатрия. Национальное руководство.* М.; 2009. 1024 с. Baranov A.A. *Pediatrics. National leadership.* Moscow; 2009. 1024 p. (In Russ.)

Информация об авторах:

Пыков Михаил Иванович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики детского возраста, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1; pykov@yandex.ru

Кузьмина Наталья Евгеньевна, к.м.н., врач лучевой диагностики, Челябинская областная детская клиническая больница; 454087, Россия, Челябинск, ул. Блюхера, д. 42а; k-natalya@inbox.ru

Ростовцев Николай Михайлович, к.м.н., доцент кафедры общей и детской хирургии, Южно-Уральский государственный медицинский университет; 454092, Россия, Челябинск, ул. Воровского, д. 64г; главный детский хирург Челябинской области, заместитель главного врача по хирургии; Челябинская областная детская клиническая больница; 454087, Россия, Челябинск, ул. Блюхера, д. 42а; rostovcevnm@mail.ru

Information about the authors:

Mikhail I. Pykov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiation Diagnostics of Children, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; 2/1, Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia; pykov@yandex.ru

Natalya E. Kuzmina, Cand. Sci. (Med.), Doctor of Radiation Diagnostics, Chelyabinsk Regional Children Clinical Hospital; 42a, Blucher St., Chelyabinsk, 454087, Russia; k-natalya@inbox.ru

Nikolay M. Rostovtsev, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of General and Pediatric Surgery, South Ural State Medical University; 64g, Vorovskiy St., Chelyabinsk, 454092, Russia; Chief Pediatric Surgeon of the Chelyabinsk Region, Deputy Chief Physician for Surgery, Chelyabinsk Regional Children Clinical Hospital; 42a, Blucher St., Chelyabinsk, 454087, Russia; rostovcevnm@mail.ru