

Эластография сдвиговой волны: возможности дифференциальной диагностики очаговых и диффузных изменений различных органов и тканей

Постнова Н. А.¹, Васильев А. Ю.¹, Зыкин Б. И.³,
Павлинова Е. С.², Выключок М. В.¹

¹ ГОУ ВПО Московский государственный медико-стоматологический университет Минздравсоцразвития РФ

² Главный клинический госпиталь МВД РФ

³ Институт повышения квалификации Медбиоэкстрем

Shear wave elastography: possibilities of the differential diagnosis of focal and diffuse changes in various organs and tissues

Postnova N. A.¹, Vasilyev A. Yu.¹, Zykin B. I.³,
Pavlinova E. S.², Vykylyuk M. V.¹

¹ Moscow State University of Medicine and Dentistry

² Main Clinical Hospital, Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation

³ Institute for Advanced Training, MedBioExtreme Federal Department, Ministry of Health and Social Development of Russia

Проведено ультразвуковое обследование с использованием методики эластографии сдвиговой волны у различных групп пациентов с морфологически подтвержденной очаговой и диффузной патологией как поверхностно расположенных органов и структур, так и висцеральных органов. Оценены качественные и количественные характеристики показателей жесткости нормальных и патологически измененных органов и тканей, продемонстрирована достоверная значимость различий при доброкачественных и злокачественных изменениях. Впервые проведена количественная оценка выраженности фиброзных изменений паренхимы печени при использовании метода УЗД, доказаны достоверно значимые различия показателей в норме и при различных патологических состояниях печени.

Введение

До настоящего времени одной из наиболее актуальных проблем ультразвуковой диагностики (УЗД) является выявление и дифференциальная диагностика очаговой и диффузной патологии, особенно в тех случаях, когда ее акустические характеристики мало или практически не отличаются от окружающих тканей. Одной из современных методик, призванных разрешить

эту проблему, является эластография.

В настоящее время наиболее известной является методика компрессионной эластографии, впервые описанная J. Orhir с соавторами в начале 90-х годов XX столетия [1]. Однако она имеет ряд ограничений: позволяет проводить обследование только поверхностно расположенных структур; не стандартизована и поэтому субъективна

Ultrasound study (USS) using a shear wave elastography procedure was made in different groups of patients with morphologically verified focal and diffuse abnormalities of both superficial organs and structures and viscera. The qualitative and quantitative characteristics of the stiffness of normal and pathologic organs and tissues were estimated; there was a significance importance of differences in benign and malignant lesions. The magnitude of fibrous changes in the hepatic parenchyma was first estimated by a USS technique; there was evidence that there were significant differences in indicators in health and various liver abnormalities.

Ключевые слова:

ультразвуковая диагностика, эластография сдвиговой волны, патология молочной железы, щитовидной железы, лимфатических узлов, очаговые образования почек, очаговые и диффузные заболевания печени

Index terms:

ultrasound diagnosis, shear wave elastography, breast diseases, thyroid, lymph node abnormalities, focal renal masses, focal and diffuse liver diseases

Распределение групп пациентов по полу и возрасту

Группы	Пол		Возраст (лет)	Примечания
	Жен.	Муж.		
1 группа: пациенты с патологией молочных желез и грудных желез:				
– рак молочных желез	5		31–58 (ср. 46,8)	
– фиброзно-кистозная мастопатия	4		34–53 (ср. 46,0)	
– гинекомастия		2	21 и 68	
2 группа: пациенты с патологией лимфатических узлов	5	1	39–60 (ср. 59,5)	В анамнезе: у 4 – РМЖ, 1 – рак ЩЖ, 1 – первично-множественный синхронный рак.
3 группа: пациенты с патологией щитовидной железы	4	4	39–60 (ср. 50,2)	3 случая – единичные узловые образования, 3 случая – множественные узловые образования, 2 случая – диффузно-очаговые изменения ЩЖ.
4 группа: пациенты с патологией области шеи	1	4	22–70 (ср. 52,2)	3 случая – кистозные образования (боковая киста шеи, срединная киста шеи и многокамерная киста околоушной слюнной железы), 3 случая – солидные образования (полиморфные аденомы).
5 группа: пациенты с патологией почки	2		38 и 78	1 случай – рак почки, 1 случай – ангиомиолиптома.
6 группа: пациенты с очаговыми поражениями печени	7	4	37–87 (ср. 56,5)	3 случая – доброкачественные образования (1 – киста, 2 – капиллярная гемангиома), 8 случаев – злокачественные образования (7 – многоочаговое поражение, 1 – единичный метастаз).
7 группа: пациенты с диффузными заболеваниями печени	4	9	33–73 (ср. 50,3)	2 случая – острый гепатит, 2 случая – хронический гепатит, 3 случая – жировой гепатоз, 6 случаев – цирроз.
Контрольная группа – норма	3	4	20–43 (ср. 34,1)	
ВСЕГО	57	35	22	

в оценке. Основным недостатком является невозможность проведения количественной оценки упругости (или жесткости) тканей. Другой, но еще малоизвестной в настоящее время, является эластография сдвиговой волны (ЭСВ), в иностранной литературе – «Shear Wave Elastography»: методика, основанная на объективном определении скорости продвижения сдвиговых волн в тканях и определении упругости (или жесткости) тканей в килопаскалях (кПа) [2,3].

В современной отечественной литературе нам не удалось встретить публикаций о применении данной технологии в клинической практике. Количество публикации в зарубежной литературе незначительно и все они представляют собой описание предварительных исследований [4–6].

Целью настоящего исследования явилась оценка возможностей применения методики ЭСВ в диагностике очаговых и диффузных изменений различных органов и тканей.

Материал и методы

С целью объективной оценки возможностей метода ЭСВ производился отбор пациентов либо с уже гистологически верифицированными диагнозами, либо с последующей верификацией предполагаемого диагноза (как инструментальными, так и морфологическими методами). Распределение пациентов по группам представлено в таблице 1.

Обследование проводилось на УЗ-системе «Aixplorer» фирмы «SuperSonic Imagine S.A.» (Франция).

На первом этапе обследования проводилось ультразвуковое

исследование в В-режиме по стандартной методике. Исследование поверхностно расположенных органов и структур выполнялось с использованием линейного датчика частотой 15–4 МГц, исследование печени и почек – с использованием конвексного датчика частотой 6–1 МГц. Далее включался модуль ЭСВ и на экране над эхографическим изображением возникало второе с окном цветового картирования упругости исследуемых тканей. Окно цветового картирования устанавливалось в зону интереса, размер окна подбирался произвольно, исходя из задач исследования, с соблюдением принципа минимально необходимого размера. Мягкие ткани окрашивались в холодные, сине-голубые тона, тогда как более твердые представлялись в желто-красном спектре, причем самые твердые

картировались интенсивным красным цветом.

Обязательными условиями при проведении исследования поверхностно расположенных органов и структур в режиме ЭСВ являлось отсутствие компрессии. Исследование печени в режиме ЭСВ выполнялось в положении пациента на спине при поверхностном дыхании, сканирование осуществлялось преимущественно по межреберьям. При оценке состояния печени у пациентов с диффузными заболеваниями окно опроса устанавливалось в участках, где не лоцировались крупные сосуды; проводилось от 5 до 12 измерений (преимущественно 10 измерений) на глубине от поверхности печени от 2,5 см до 8 см.

На последнем этапе проводилась количественная оценка упругости (в кПа) с помощью специальной метки (Q-box), величина окна опроса Q-box подбиралась произвольно, размер при сравнительной оценке измененных и неизмененных участков был сопоставимым. Измерения проводились как непосредственно в момент исследования с занесением полученных изображений в базу данных ультразвуковой системы «Aixplorer», так и при работе с сохраненными в архиве изображениями.

Результаты и обсуждение

1 группа: пациенты с патологией молочных желез.

У пациенток с диагнозом рака были выявлены образования неправильной формы с неровными нечеткими контурами, пониженной эхогенности, неоднородной структуры (в том числе с наличием мелких гиперэхогенных включений), дающие УЗ-тень. Колебания размеров образований составляли от 1,2×1,1×0,9 см до 3,4×2,0×1,8 см.

При качественной оценке ЭСВ было отмечено, что во всех обследованных случаях наблюдался феномен «черных дыр» – отсутствие цветового картирования основной массы опухоли при

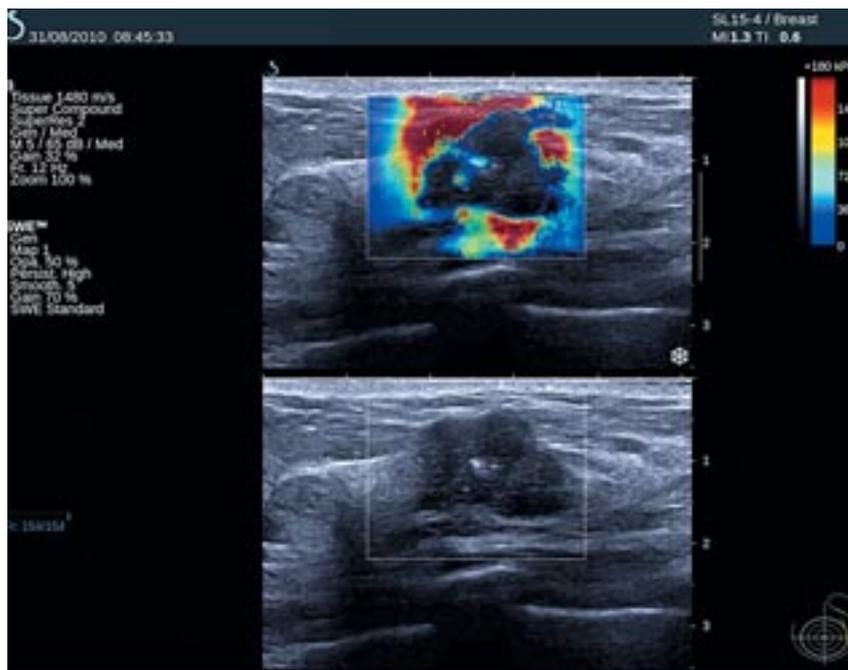


Рис. 1. Рак молочной железы. Ультразвуковое исследование в режиме ЭСВ. Феномен «черной дыры» – непрокрашивание основной массы опухоли. В зоне, картируемой красным цветом, показатели жесткости составляют 297 кПа, в неизмененных отделах – от 4 до 10 кПа.

наличии яркого желтого или красного неравномерного окрашивания различной выраженности ее периферических отделов (рис. 1). Подобный эффект в доступной литературе до настоящего времени описан не был, однако необходимо отметить, что возможности ЭСВ ранее оценивались для дифференциальной диагностики мелких, менее 1 см, образований, масса которых картируется полностью, отличаясь по цвету вследствие большей жесткости. В проведенном исследовании размеры всех опухолей были более 1 см и эхографическая картина при УЗИ в В-режиме сомнений не вызывала; однако интерес представляет тот факт, что зона более высокой жесткости была шире, чем предполагаемые границы опухоли, визуализируемые в В-режиме. В настоящее время этот феномен возможно объяснить как проявление десмопластической реакции с формированием коллагенового барьера по периферии опухоли.

При проведении измерения жесткости в зоне патологически измененных тканей цифровые по-

казатели колебались от 119 кПа до 297 кПа. В тканях без эхографических признаков патологических изменений показатели жесткости у этих пациенток составляли от 4 до 20 кПа.

У пациенток с клинико-инструментальными проявлениями фиброзно-кистозной мастопатии ни в одном случае появления красного спектра окрашивания отмечено не было. Показатели упругости в тканях молочных желез составляли от 2 до 22 кПа в различных участках, от 1,72 кПа до 10 кПа в области кист; при этом было отмечено, что при более высокой эхогенности и неоднородности содержимого кисты соответственно были выше и показатели жесткости.

У 2 пациентов с гинекомастией в субареолярных отделах левой грудной железы в обоих случаях имелись участки, по структуре аналогичные железистой ткани, размерами до 2,5×0,6 см в одном случае, до 3,1×0,8 см во втором случае. Показатели жесткости в зоне железистой ткани составляли 32 и 34 кПа, в неизмененных тканях различных участков в области грудных желез

составляли от 16 до 33 кПа, что подтверждает отсутствие повышения жесткости измененных участков.

2 группа: пациенты с патологией лимфатических узлов (ЛУ).

При УЗИ визуализировались образования размерами от 1,2×1,9 см до 1,5×2,4 см; в основном неправильной овальной формы; сниженной эхогенности, неоднородной или выражено неоднородной структуры. При ЦДК отмечалось усиление кровотока с хаотичным распределением сосудов.

В случаях патологически измененных ЛУ наблюдались как полное прокрашивание массы ЛУ, так и ранее упомянутый феномен «черных дыр». Отмечалось также, что зона патологического окрашивания была, как правило, более широкой, чем визуализируемые в В-режиме границы ЛУ. При проведении измерения показатели жесткости в измененных зонах составляли от 107 кПа до 165,5 кПа, а в области окружающих тканей от 7,5 до 41,4 кПа. При более высоких показателях жесткости визуально неизмененных тканей показатели жесткости измененных ЛУ также имели более высокие значения.

3 группа: пациенты с патологией щитовидной железы (ЩЖ).

У обследованных пациентов были выявлены единичные или множественные узловые образования, размерами от 0,4 см до 1,3 см; у 2-х пациентов УЗ-изменения ЩЖ были расценены как диффузно-очаговые. Форма выявленных образований была округлой или овальной, контуры достаточно четкие; как правило, с наличием различной степени выраженности гипоэхогенного «ободка». Эхогенность образований была умеренно сниженной, эхоструктура в меньшей или большей степени неоднородной, при ЦДК отмечалось наличие различной выраженности кровотока в образованиях.

По данным морфологических исследований злокачественных

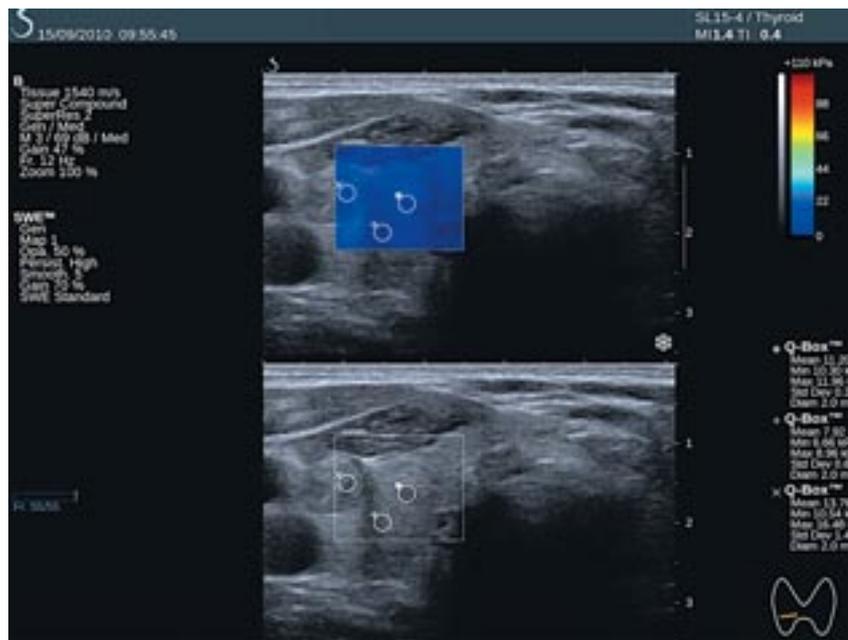


Рис. 2. Доброкачественное узловое образование правой доли щитовидной железы. Ультразвуковое исследование в режиме ЭСВ. Средние показатели жесткости узлового образования составляют 13,76 кПа, в неизмененных участках 7,92 – 11,20 кПа.

изменений в настоящем исследовании выявлено не было, поэтому в режиме ЭСВ проводилась в основном качественная оценка. Во всех случаях наблюдалось относительно равномерное или умеренно неравномерное окрашивание в синем спектре. При количественной оценке было отмечено, что выраженных различий жесткости очаговых образований и тканей щитовидной железы не было: так, если жесткость узлового образования составляла 11,2 кПа, то жесткость окружающих тканей – от 7,92 кПа до 13,76 кПа (рис. 2).

4 группа: пациенты с патологией области шеи.

У 3 пациентов с выявленными кистозными образованиями области шеи содержимое кист расценивалось как мелкодисперсное вследствие перенесенных воспалительных процессов; при оценке в режиме ЭСВ наблюдалось относительно равномерное окрашивание содержимого кист в синем спектре.

У 2-х пациентов были выявлены полиморфные аденомы околоушной слюнной железы, размерами в обоих случаях до 2 см, несколько неправильной

округлой формы, с четкими контурами, пониженной эхогенности, умеренно неоднородной структуры, при ЦДК с наличием умеренно выраженного кровотока в образованиях. Несмотря на выраженные отличия в эхогенности образований и паренхимы околоушных слюнных желез, при исследовании в режиме ЭСВ наблюдалось несколько неравномерно окрашивание в сине-голубом спектре; при количественной оценке жесткость образования и паренхимы железы существенных отличий не имела – 15,41 кПа и 16,63 кПа, что позволило еще до получения результатов ТАБ предполагать доброкачественный характер выявленных образований.

5 группа: пациенты с патологией почки.

Использование ЭСВ при обследовании забрюшинного пространства, в частности, почек, по нашему мнению, требует отработки методического подхода и определения возможностей применения. Связано это в первую очередь, с необходимостью отсутствия компрессии при использовании методики, что сложно соблюсти из-за особенностей

доступа к органу. Попытки проведения ЭСВ в нашем исследовании чаще были сомнительными из-за большого количества артефактов. В одном случае у женщины 78 лет с выявленным объемным образованием размерами до 2 см в диаметре (при УЗИ – несколько сниженной эхогенности, умеренно неоднородной структуры) при проведении ЭСВ отмечено появление эффекта «черной дыры». После СКТ с болюсным введением контраста диагноз злокачественного образования был подтвержден – картина опухоли левой почки. Для сравнения мы провели исследование почки у женщины 38 лет с подтвержденной СКТ картиной ангиомиолипомы: при УЗИ выявлялось округлое образование размерами до 1,1 см в диаметре, повышенной эхогенности, однородной структуры; при проведении ЭСВ наблюдалось равномерное окрашивание в сине-голубом спектре, жесткость образования составила 0,53 кПа, окружающей паренхимы – 0,21 кПа.

Таким образом, прослеживается определенная корреляция между характером процесса и отражением его физических характеристик, полученных с помощью ЭСВ, что представляет значительный интерес и требует накопления фактического материала для проведения аргументированной оценки возможности методики.

6 группа: пациенты с очаговыми поражениями печени.

У 3 пациентов с множественными различных размеров образованиями вторичного характера при качественной оценке отмечалось появление красного спектра окрашивания, при этом наблюдалось как полное окрашивание очагов, так и окрашивание или преобладание окрашивания по периферии очага; наблюдался также эффект «черных дыр». При количественной оценке показатели жесткости ткани в патологически измененных участках составляли от 50,24 кПа до 246,1 кПа, а в неизмененных участках печени – от 3,31 кПа до 10,56 кПа (рис. 3).

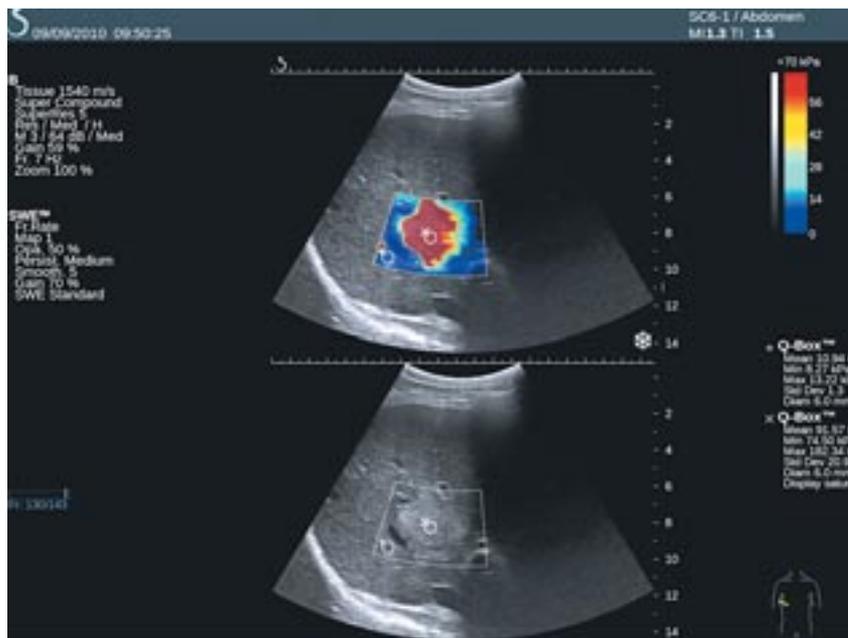


Рис. 3. Образование повышенной эхогенности – метастаз рака сигмовидной кишки в печень. Ультразвуковое исследование в режиме ЭСВ. Показатели жесткости образования составляют 91,57 кПа, в неизмененном участке паренхимы печени – 10,94 кПа.

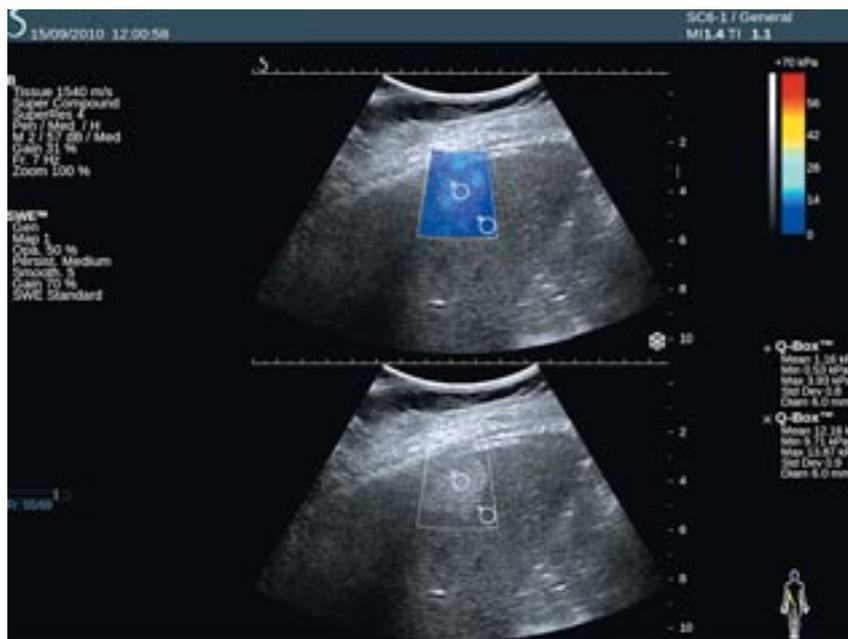


Рис. 4. Образование повышенной эхогенности – капиллярная гемангиома, верифицированная при СКТ с болюсным введением контраста. Ультразвуковое исследование в режиме ЭСВ. Показатели жесткости образования составляют 12,16 кПа, в неизмененном участке паренхимы печени – 1,16 кПа.

При сравнении картины ЭСВ у 2 пациентов с кавернозными гемангиомами (подтвержденными при СКТ с болюсным введением контраста) размерами в 1-м случае до 0,5 см, во 2-м случае – до 4×2,5 см отмечалось равномерное окрашивание в сине-голубом

спектре, показатели жесткости составляли в 1-м случае 2,67 кПа при жесткости паренхимы 4,75 кПа, во 2-м случае – 12,16 кПа при жесткости паренхимы 1,16 кПа (рис. 4).

Таким образом, метод ЭСВ продемонстрировал достаточно

высокую информативность в дифференциальной диагностике очаговых образований печени.

7 группа: пациенты с диффузными заболеваниями печени.

Распределение показателей жесткости паренхимы печени у исследованных пациентов представлено на рисунке 5.

Средние значения жесткости паренхимы печени для 1-й подгруппы (острый гепатит) составили 0,83 кПа, для 2-й (норма) – 4,08 кПа, для 3-й (жировой гепатоз – 8,76 кПа, для 4-й (хронический гепатит) – 7,88 кПа, для 5-й (цирроз) – 13,18 кПа. При сравнении с подгруппой нормы по Т-тесту различия для всех подгрупп достоверны (максимальное значение $p < 0,0016$).

Полученные впервые с помощью новой ультразвуковой методики данные о состоянии паренхимы печени коррелируют как с клиническими представлениями, так и с данными наиболее информативных в настоящее время инструментальных методов, отражающих выраженность степени фиброза печеночной паренхимы и предоставляют новые возможности для получения информации о характере и течении патологического процесса.

Заключение

Полученные результаты использования метода ЭСВ свидетельствуют о появлении новой высокоинформативной неинвазивной методики УЗИ, предоставляющей существенную дополнительную информацию о характере патологического процесса, как при очаговых, так и при диффузных заболеваниях. Несомненным достоинством методики является отсутствие необходимости компрессии, что существенно снижает субъективность в оценке получаемых результатов. Метод обладает хорошей воспроизводимостью, а появление количественного анализа предоставляет возможность объективной оценки состояния органов и тканей, в том числе в динамическом наблюдении.

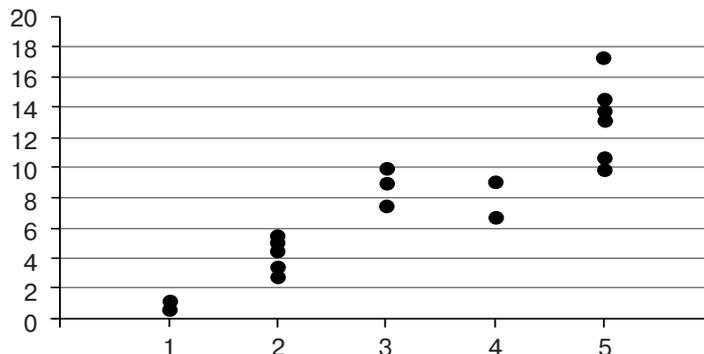


Рис. 5. Распределение показателей жесткости паренхимы печени у обследованных пациентов (в кПа): 1 – пациенты с острым гепатитом; 2 – здоровые добровольцы (норма); 3 – пациенты с жировым гепатозом; 4 – пациенты с хронически гепатитом; 5 – пациенты с циррозом.

Представляется важным подчеркнуть, что на начальном этапе введения в клиническую практику метода ЭСВ особое значение начинают приобретать вопросы правильной и устойчивой терминологии. Наиболее важным является удаление из рабочего лексикона термина «плотность» – физического фактора, величина которого как для нормальных, так и для патологически измененных тканей человека является величиной практически постоянной ($\rho \approx 1,05$) и поэтому практически не способной дать корректную характеристику исследуемой ткани. Необходимо найти наиболее приемлемый термин из пары упругий – не упругий, жесткий – мягкий или твердый – мягкий. По нашему мнению, наиболее практичным могла бы стать пара жесткий – мягкий, как наиболее используемая в повседневной клинической практике при описании пальпаторных данных.

Выводы

1. ЭСВ является новой объективной методикой в ультразвуковой и дифференциальной диагностике, дающей возможность решать ранее неподвластные УЗИ проблемы.
2. Впервые появилась возможность количественной оценки, характеризующей состояние исследуемой ткани.
3. ЭСВ обладает хорошей воспроизводимостью с минимизацией влияния субъективных факторов при его применении.

Литература

1. *Elastography: a method for imaging the elasticity in biological tissues* / J. Ophir, E.I. Cespedes, H. Ponnekanti et al. // *Ultrason. Imag.* – 1991. – Vol. 13. – P. 111–134.
2. *Shear wave elasticity imaging: a new ultrasonic technology of medical diagnostics – Ultrasonic imaging of tissue strain and elastic modulus in vivo* / A.P. Sarvazyan, O.V. Rudenko, S.D. Swanson et al. // *Ultrasound Med. Biol.* – 1998. – Vol. 24. – P. 1419–1435.
3. *Bercoff J., Tanter M., Fink M. Supersonic shear imaging: A new technique for soft tissue elasticity mapping* // *IEEE Transaction on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control.* – 2004. – Vol. 51. – № 4.
4. *Quantitative assessment of breast lesion viscoelasticity: initial clinical results using supersonic shear imaging* / M. Tanter, J. Bercoff, A. Athanasiou, et al. // *Ultrasound Med. & Biol.* – 2008. Vol. 34, № 9. – P. 1373–1386.
5. *Breast lesions: Quantitative elastography with supersonic shear imaging – preliminary results* / A. Athanasiou, A. Tardivon, M. Tanter et al. // *Radiology.* – 2010. – Vol. 256, № 1.
6. *Quantitative viscoelasticity mapping of human liver using supersonic shear imaging: Preliminary in vivo feasibility study* / M. Muller, J.L. Genisson, T. Deffieux // *Ultrasound Med. Biol.* – 2009. – Vol. 35, № 2. – P. 219–229.

Поступила 05.04.2011