

Ультразвуковая эластография сдвиговой волной при исследовании неизмененных яичек

В.В. Митьков, И.М. Гогаева, М.Д. Митькова

ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования”
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

С целью оценки ультразвуковой эластографической семиотики неизмененного яичка с определением диапазона нормативных данных обследовано 125 пациентов (250 яичек) в возрасте от 18 до 85 лет (медиана возраста – 51 год). Критерии включения в исследование: наличие яичек с двух сторон; отсутствие клинических признаков патологии органов мошонки; отсутствие в анамнезе травмы, перекручивания, опухолей яичка и диагностированного бесплодия; неизменная ультразвуковая картина яичек в серошкальном режиме. Мультипараметрическое ультразвуковое исследование (серошкальная эхография, цветокодированная доплерография, импульсноволновая доплерография, двумерная эластография сдвиговой волной) проводилось на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием широкополосного датчика, работающего в диапазоне частот от 4 до 15 МГц. В процессе работы определен нормативный диапазон значений модуля Юнга при использовании двумерной эластографии сдвиговой волной. 95%-й интервал значений (2,5–97,5-й процентиля) для E_{mean} (средние значения модуля Юнга в зоне ин-

тереса) неизмененного яичка составляет 1,8–4,4 кПа, для E_{max} (максимальные значения модуля Юнга в зоне интереса) – 2,5–6,0 кПа, для скорости сдвиговой волны – 0,77–1,21 м/с (для средних значений скорости сдвиговой волны в зоне интереса) и 0,91–1,41 м/с (для максимальных значений скорости сдвиговой волны в зоне интереса). Достоверные значимые связи значений модуля Юнга, с одной стороны, и значений объема яичка, индекса резистентности во внутрияичковых артериях и возраста пациентов, с другой стороны, не выявлены.

Ключевые слова: мультипараметрическая ультразвуковая диагностика, ультразвуковая эластография, эластография сдвиговой волной, жесткость, модуль Юнга, скорость сдвиговой волны, яичко.

ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковое исследование является главной методикой медицинской визуализации органов мошонки [1]. В арсенале ультразвуковых технологий в настоящее время появились ультразвуковая эластография и ультразвуковые контрастные препара-

В.В. Митьков – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. И.М. Гогаева – аспирант кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. М.Д. Митькова – к.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Контактная информация: 127299 г. Москва, ул. Новая Ипатьевка, д. 3, Клинический госпиталь ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”, кафедра ультразвуковой диагностики. Гогаева Ирина Муратовна. Тел.: +7 (499) 150-90-61. Факс: +7 (926) 200-75-81. E-mail: irina110687@mail.ru

раты. Поэтому при проведении ультразвукового исследования органов мошонки есть возможность получения не только анатомической информации (В-режим), качественных и количественных характеристик макроваскуляризации (цветокодированные доплерографические режимы и режим импульсноволновой доплерографии), но и качественных и количественных параметров микроваскуляризации (ультразвуковые контрастные препараты), а также качественных и количественных признаков, характеризующих механические (упругие) свойства тканей (компрессионная эластография, эластография сдвиговой волной). Мультипараметрическое ультразвуковое исследование органов мошонки позволяет оценить структурные и функциональные изменения, которые используются в практической медицине для построения общего ультразвукового заключения [2].

Практические рекомендации Европейской федерации ассоциаций ультразвука в медицине и биологии (*EFSUMB*) [3] отмечают возможность использования ультразвуковой эластографии при исследовании многих органов и систем. Это касается и ультразвуковой эластографии сдвиговой волной, которая в последнее время стала доступна на аппаратах многих производителей. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной позволяет получать абсолютные количественные параметры жесткости тканей (значения модуля Юнга и (или) скорости сдвиговой волны). Основное внимание исследователей в нашей стране уделено ультразвуковой эластографии сдвиговой волной печени, молочной, щитовидной и предстательной желез [4–7]. Вопросы ультразвуковой оценки жесткости органов мошонки остаются открытыми; исследования, касающиеся различных заболеваний яичек, продолжаются [8, 9].

Для оценки диагностических возможностей метода в первую очередь требуются нормативные данные. М. Trottmann et al. [10] в 2016 г. опубликовали сравнительные данные по жесткости различных отделов яичек (верхние, средние, нижние) у пациентов без клинических признаков патологии яичек на момент исследования при отсутствии опухолей яичка, бесплодия и перекручивания яичка в анамнезе. Авторы выделили различные группы в зависимости

от возраста и объема яичек. Исследование проведено на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с определением значений скорости сдвиговой волны (м/с). Однако в статье сообщены только значения медианы скорости сдвиговой волны. Статистические характеристики разброса данных (процентильные размахи, минимальное и максимальное значения) приведены только в диаграммах, что не позволяет их точно определить и использовать для сравнения.

Цель нашего исследования – оценка ультразвуковой эластографической семиотики неизмененного яичка с определением диапазона нормативных данных при проведении двумерной эластографии сдвиговой волной.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 125 пациентов (250 яичек) в возрасте от 18 до 85 лет (медиана возраста – 51 год). Критерии включения в исследование: наличие яичек с двух сторон; отсутствие клинических признаков патологии органов мошонки; отсутствие в анамнезе травмы, перекручивания, опухолей яичка и диагностированного бесплодия; неизменная ультразвуковая картина яичек в серошкальном режиме.

Все пациенты дали информированное добровольное согласие на проведение диагностической процедуры в соответствии с российским законодательством (Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ “Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации”).

Мультипараметрическое ультразвуковое исследование (серошкальная эхография, цветокодированная доплерография, импульсноволновая доплерография, двумерная эластография сдвиговой волной) проводилось на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием широкополосного датчика, работающего в диапазоне частот от 4 до 15 МГц.

Техника выполнения эластографии сдвиговой волной подразумевала плавные движения датчиком, отсутствие дополнительной компрессии на исследуемый орган. Цветовое окно располагалось на глубине не более 30 мм от поверхности датчика, что обусловлено техническими возможностями

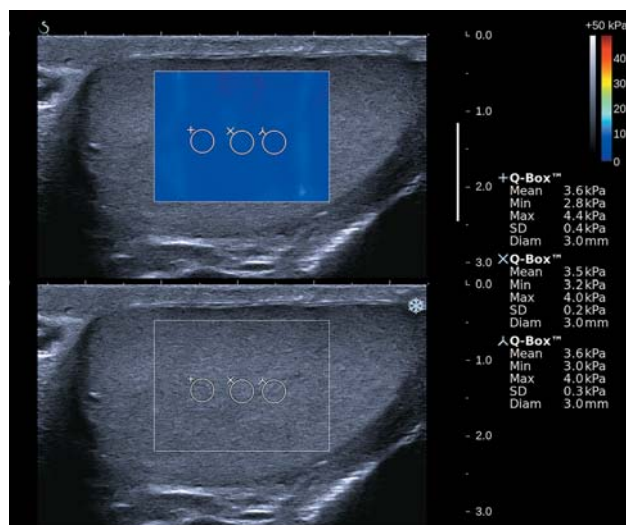


Рис. 1. Двумерная эластография сдвиговой волной. Район интереса (цветовое окно) и результаты измерения значений модуля Юнга (E) в трех зонах интереса (Q-Box). Для каждой зоны интереса представлены следующие статистические характеристики: среднее значение E (E_{mean}, кПа), максимальное значение E (E_{max}, кПа), минимальное значение E (E_{min}, кПа), стандартное отклонение E (SD, кПа) и диаметр зоны интереса (мм). Пояснение в тексте.

прибора. После выбора области интереса с целью стабилизации изображения производилась фиксация положения руки в течение 4 с.

Количественная оценка жесткости ткани (измерение модуля Юнга) проводилась в зонах интереса (Q-Box). В каждой зоне интереса автоматически определялись следующие значения модуля Юнга (E): среднее значение (E_{mean}), максимальное значение (E_{max}), минимальное значение (E_{min}) и стандартное отклонение (SD). В дальнейшем анализировали E_{mean}, E_{max} и SD.

При исследовании неизменной паренхимы яичек в зависимости от поставленной задачи количественные параметры получали в 3 зонах интереса в верхних, средних и нижних отделах органа (итого 9 измерений) с последующим усреднением по отделам (расчет среднего арифметического значения из 3 величин для верхних, средних и нижних отделов) (1) или в 3 зонах интереса в средних отделах органа с последующим усреднением (рис. 1) (2). Все измерения проводили при продольном сканировании яичек.

Объем яичка в двумерном серошкальном режиме рассчитывали по стандартной формуле (формула объема эллипсоида) [11]:

$$V = 0,52 \times a \times b \times c,$$

где a, b и c – длина, толщина и ширина яичка.

Оценку общего периферического сопротивления кровотоку проводили при импульсно-волновой доплерографии путем расчета индекса резистентности по стандартной формуле [12]:

$$RI = \frac{V_{ps} - V_{ed}}{V_{ps}},$$

где V_{ps} – максимальная систолическая скорость кровотока, V_{ed} – конечная диастолическая скорость кровотока.

Статистический анализ осуществляли с помощью программы MedCalc. Количественные данные представлены в виде медианы (50-й процентиль), 25–75-го процентилей, 5–95-го процентилей, 2,5–97,5-го процентилей и минимального – максимального значений. Количественные параметры сравнивали с помощью непараметрических критериев Манна–Уитни и Фридмана. При проведении корреляционного анализа использовали коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r_s) и тау Кендалла (τ_k). Для анализа качественных признаков в процессе работы применяли критерий χ². Различия считали достоверными при P ≤ 0,05. При проведении корреляционного анализа результаты считали статистически значимыми также при P ≤ 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эластометрии сдвиговой волной при измерении модуля Юнга в различных отделах яичек представлены в табл. 1 (количество обследованных пациентов – 22, возраст – 18–78 лет). Значения E_{max} и SD при сравнении жесткости в верхних, средних и нижних отделах яичек не различались. Достоверные различия определялись только при сравнении значений E_{mean}: в средней трети значения E_{mean} были ниже по сравнению с верхним и нижним отделами (P < 0,05). Интересно, что такие же данные получены M. Trottmann et al. [10] при оценке неизменных яичек (n = 132)

Таблица 1. Значения модуля Юнга (кПа) в различных отделах паренхимы неизмененных яичек (n = 44)

Области измерений	Минимальное значение	25-й процентиль	Медиана	75-й процентиль	Максимальное значение
E _{mean}					
Верхняя треть	2,1	2,7	3,0	3,5	4,5
Средняя треть	1,7	2,4	2,7	3,2	4,2
Нижняя треть	2,2	2,7	3,3	3,6	5,0
E _{max}					
Верхняя треть	2,8	3,5	3,9	4,6	7,3
Средняя треть	2,6	3,2	3,9	4,3	7,5
Нижняя треть	2,8	3,6	4,3	4,9	5,8
SD					
Верхняя треть	0,2	0,3	0,4	0,4	1,0
Средняя треть	0,2	0,3	0,3	0,4	1,1
Нижняя треть	0,1	0,3	0,4	0,5	0,8

67 добровольцев. В верхних и нижних отделах яичек медиана скорости сдвиговой волны составила 1,15 м/с, в центральных – 0,90 м/с ($P < 0,001$). Для сравнения ниже представлены медианы скорости сдвиговой волны, полученные при пересчете количественных данных в нашем исследовании. Известно, что модуль Юнга и скорость сдвиговой волны связаны между собой формулой:

$$E \approx 3c_s^2,$$

где E – модуль Юнга (кПа), c_s – скорость сдвиговой волны (м/с) [13]. Медиана скорости сдвиговой волны (для средних значений скорости сдвиговой волны в зоне интереса) в верхней трети составила 1,00 м/с, средней – 0,94 м/с, нижней – 1,05 м/с. Несмотря на наличие достоверности различий значений искомого параметра в среднем сегменте, попытка получения адекватного решающего диагностического правила была безуспешна, поэтому в дальнейшем все показатели оценивались в среднем сегменте исследуемых яичек. Интересно, что в работе М. D'Anastasi et al. [14] при точечной эластографии сдвиговой волной (Acuson S2000 и Acuson S3000, Siemens, Германия) достоверные различия значений скорости сдвиговой волны при оценке жесткости в разных отделах яичек не получены.

При оценке объема яичек у 47 пациентов (возраст – 18–78 лет) достоверные различия между правой и левой сторонами не полу-

чены. Поэтому представляем общие результаты (n = 94): медиана объема яичка составляет 18,0 см³, 25–75-й процентиля – 14,2–21,3 см³, 5–95-й процентиля – 11,4–26,8 см³, минимальное – максимальное значения – 10,7–41,5 см³. По данным Е. Spyroulos et al. [11], значения объема неизмененного яичка, рассчитанного по стандартной формуле, колеблются от 6,1 до 29,8 см³ (среднее значение – 16,9 см³); по данным J. Richenberg et al. [15] – от 12 до 30 мл (среднее значение – 18 мл). В нашей выборке объем яичек не соответствовал указанным интервалам только у 1 (n = 2) исследуемого. Это было связано с конституциональными особенностями индивида (объем правого яичка – 41,5 см³, левого – 38,2 см³).

Корреляционный анализ не выявил достоверных значимых связей значений объема яичка, с одной стороны, и E_{mean}, E_{max}, SD – с другой. Аналогичные результаты (отсутствие достоверных различий) были получены М. Trottmann et al. [10] при сравнении значений скорости сдвиговой волны у пациентов с различным объемом яичек (до 10 мл включительно, от 10 до 15 мл (последнее значение включительно), более 15 мл). Достоверные различия были получены исследователями только для верхнего полюса яичка при сравнении групп ≤10 мл и >15 мл ($P = 0,007$), причем значения скорости сдвиговой волны были выше в группе с меньшим объемом. Но и этот факт не противоречит полученным данным, поскольку

Таблица 2. Значения модуля Юнга (кПа) в паренхиме неизмененных яичек (n = 250)

Сторона исследования	Emean	Emax	SD
Правое яичко (n = 125)	2,7	3,7	0,3
	2,4–3,3	3,2–4,3	0,2–0,5
	1,9–3,9	2,6–5,4	0,2–0,7
	1,3–4,3	1,7–7,1	0,1–1,2
Левое яичко (n = 125)	3,0	3,9	0,3
	2,5–3,5	3,3–4,6	0,2–0,4
	2,0–4,4	2,8–5,8	0,2–0,7
	1,6–5,4	2,0–6,9	0,1–1,1
Объединенные данные (n = 250)	2,8	3,8	0,3
	2,4–3,4	3,2–4,5	0,2–0,4
	1,9–4,2	2,7–5,6	0,2–0,7
	1,3–5,4	1,7–7,1	0,1–1,2

Примечание: количественные данные представлены в виде медианы (первая строка ячейки), 25–75-го перцентилей (вторая строка ячейки), 5–95-го перцентилей (третья строка ячейки), минимального – максимального значений (четвертая строка ячейки).

в нашем исследовании объем яичек у всех пациентов был более 10 мл. М. D’Anastasi et al. [14] при точечной эластографии сдвиговой волной получили достоверную отрицательную связь объема яичек со скоростью сдвиговой волны ($P = 0,0003$). Необходимо отметить, что количество обследованных яичек в работе М. Trottmann et al. составило 132 [10], М. D’Anastasi et al. – 46 [14], в нашем исследовании – 94.

При оценке доплерографических параметров у 40 пациентов (возраст – 18–78 лет) достоверные различия между значениями индекса резистентности во внутрияичковых артериях (уровень центрипетальных артерий) при сравнении двух сторон выявлены не были. Объединенные результаты (n = 80): медиана индекса резистентности яичка составляет 0,57, 25–75-й перцентили – 0,52–0,63, 5–95-й перцентили – 0,43–0,69, минимальное – максимальное значения – 0,42–0,71. По данным G.M. Pinggera et al. [16], среднее значение индекса резистентности в контрольной группе пациентов – $0,54 \pm 0,05$ (M $\pm$ SD) (максимальное значение – 0,60), по данным W.S. Mahafza et al. [17] – $0,62 \pm 0,10$.

Корреляционный анализ не выявил достоверных значимых связей значений индекса резистентности во внутрияичковых артериях, с одной стороны, и Emean, Emax, SD, возраста пациентов и объема яичек – с другой.

Результаты оценки модуля Юнга в паренхиме яичек представлены в табл. 2 (количество обследованных пациентов – 125,

возраст – 18–85 лет). При сравнении значений модуля Юнга с двух сторон достоверные различия определяются только для Emean ($P = 0,006$). По данным М. Trottmann et al. [10], достоверные различия с двух сторон не определялись (слева (n = 67) медиана 1,10 м/с, справа (n = 65) – 1,07 м/с). По данным М. D’Anastasi et al. [14], при точечной эластографии сдвиговой волной достоверные различия с двух сторон также не определялись.

Для сравнения ниже представлены значения медианы скорости сдвиговой волны, полученные при пересчете количественных данных в нашем исследовании. Медиана скорости сдвиговой волны (mean) составила справа – 0,94 м/с, слева – 1,00 м/с, с двух сторон – 0,95 м/с. Интересно, что, по данным М. Trottmann et al. [10], значения справа были также несколько ниже (3,4 против 3,6 кПа), однако различия недостоверны (в отличие от полученных нами данных). Такой небольшой разницей (диапазон значений справа – 1,3–4,3 кПа, слева – 1,6–5,4 кПа) при выведении нормативных значений можно пренебречь. Кроме того, при выделении возрастных групп (до 40 лет (n = 40), от 41 до 60 лет (n = 146), более 61 года (n = 64)) обнаружено, что достоверные различия между правой и левой сторонами были получены только в группе пациентов до 40 лет ($P = 0,04$). Это на фоне того, что достоверные различия значений модуля Юнга у пациентов различных возрастных групп не получены (рис. 2). Интересно, что достоверность разницы Emean с двух

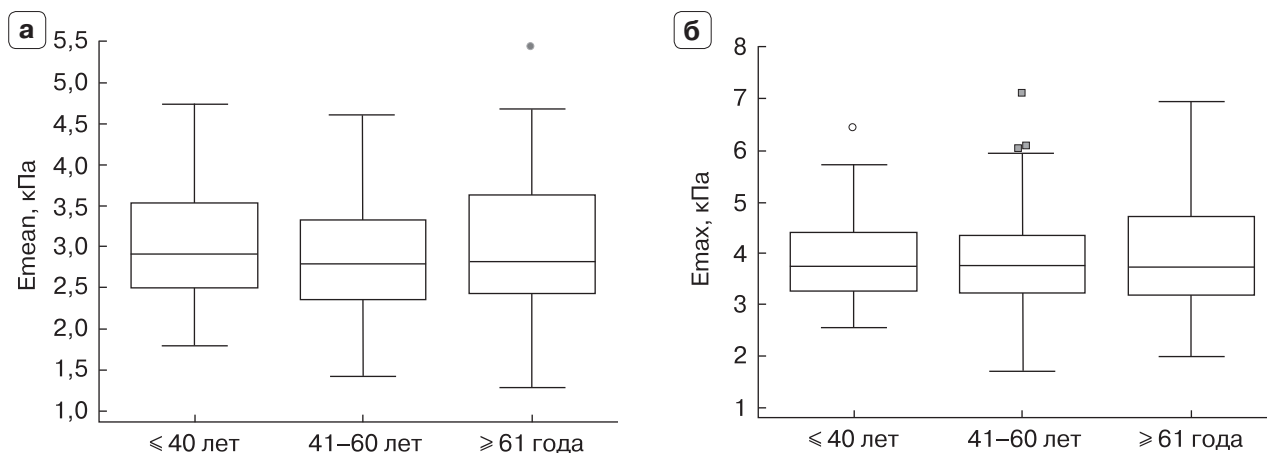


Рис. 2. Значения модуля Юнга в различных возрастных группах. а – E_{mean} . б – E_{max} . Различия между возрастными группами недостоверны в обоих случаях. Диаграммы типа *box-and-whiskers*, представляющие медиану (50-й процентиль); интерквартильный разброс (25–75-й процентиля); диапазон (разность первого квартиля и полутора межквартильных расстояний – сумма третьего квартиля и полутора межквартильных расстояний).

сторон обусловлена именно различием минимальных значений (E_{min}) в выборке, тогда как более значимые в плане дифференциации злокачественных процессов максимальные значения (E_{max}) достоверно не различаются.

При анализе различий между сторонами было выявлено, что значения модуля Юнга (E_{mean}) правого яичка были больше левого у 41 из 125 (32,8%) пациентов, левого больше правого – у 82 (65,6%), одинаковы – у 2 (1,6%). Количество пациентов, у которых значения модуля Юнга левого яичка больше правого, достоверно больше ($P < 0,05$). Однако достоверные различия между относительной разницей справа и слева не определялись (табл. 3).

Таким образом, выделение отдельных нормативных значений для правого и левого яичек нецелесообразно, однако при использовании модуля Юнга в практической работе желательно учитывать этот нюанс. 95% -й интервал значений (2,5–97,5-й процентиля, аналог $M \pm 2SD$ для нормального распределения) для E_{mean} (средние значения модуля Юнга в зоне интереса) неизменного яичка составляет 1,8–4,4 кПа, для E_{max} (максимальные значения модуля Юнга в зоне интереса) – 2,5–6,0 кПа, для скорости сдвиговой волны – 0,77–1,21 м/с (для средних значений скорости сдвиговой волны в зоне интереса) и 0,91–1,41 м/с (для максимальных значений скорости

сдвиговой волны в зоне интереса) (табл. 4). По данным М. D'Anastasi et al. [14], 95% значений скорости сдвиговой волны лежит в диапазоне 0,62–1,01 м/с. Как известно, значения скорости сдвиговой волны (модуля Юнга) являются аппаратзависимыми [2]. Это не позволяет проводить корректное сравнение наших результатов (0,77–1,21 м/с) с данными М. D'Anastasi et al. [14], поскольку последние получены на другом ультразвуковом приборе. Как уже было отмечено выше, статистические характеристики разброса данных (процентильные

Таблица 3. Относительная разница значений модуля Юнга (E_{mean}) в паренхиме неизмененных правого и левого яичек ($n = 125$)

Условия оценки	Относительная разница, %
Жесткость правого яичка больше левого ($n = 41$)	12,6 8,5–22,4 1,0–33,6 0,9–37,0
Жесткость левого яичка больше правого ($n = 82$)	15,8 7,8–28,1 3,6–43,7 2,3–53,0
Все пациенты ($n = 125$)	14,9 8,0–24,5 1,7–41,8 0,0–53,0

Примечание: представление количественных параметров как в табл. 2.

Таблица 4. Нормативные значения модуля Юнга и скорости сдвиговой волны в паренхиме яичек (n = 250)

Статистические характеристики	Модуль Юнга, кПа	Скорость сдвиговой волны, м/с
Средние значения в зоне интереса	2,8 1,8–4,4	0,95 0,77–1,21
Максимальные значения в зоне интереса	3,8 2,5–6,0	1,13 0,91–1,41

Примечание: количественные данные представлены в виде медианы (первая строка ячейки), 2,5–97,5-го перцентилей (вторая строка ячейки).

размахи, минимальное и максимальное значения) в работе M. Trottmann et al. [10] приведены только в диаграммах, что не позволяет их четко дифференцировать и использовать для сравнения с нашими результатами.

Корреляционный анализ не выявил достоверных значимых связей значений Emean, Emax и SD, с одной стороны, и возраста пациентов – с другой. Отсутствие достоверных различий – и при сравнении значений скорости сдвиговой волны у пациентов различного возраста (до 40 лет, от 41 до 60 лет, более 61 года) было продемонстрировано и в работе M. Trottmann et al. [10]. Однако, по данным M. D’Anastasi et al. [14], при точечной эластографии сдвиговой волной получены достоверные положительные корреляционные связи между значениями скорости сдвиговой волны и возрастом пациентов ($P = 0,0056$). Авторы связывают этот фактор с возрастными изменениями яичек, в том числе связанными и с уменьшением объема. Как уже было отмечено выше, в нашей выборке достоверные значимые корреляции значений модуля Юнга ни с возрастом, ни с объемом не получены. Интересно, что это на фоне отсутствия достоверной значимой корреляции значений объема яичек и возраста пациентов.

При проведении эластографии сдвиговой волной следует учитывать данные M. D’Anastasi et al. [14], которые не выявили связи между значениями скорости сдвиговой волны и глубиной расположения зоны интереса.

Таким образом, в процессе работы определен нормативный диапазон значений модуля Юнга при использовании двумерной эластографии сдвиговой волной, позволяющей оценивать жесткость яичек. 95%-й интервал значений (2,5–97,5-й перцентили) для Emean (средние значения модуля Юнга

в зоне интереса) неизменного яичка составляет 1,8–4,4 кПа, для Emax (максимальные значения модуля Юнга в зоне интереса) – 2,5–6,0 кПа, для скорости сдвиговой волны – 0,77–1,21 м/с (для средних значений скорости сдвиговой волны в зоне интереса) и 0,91–1,41 м/с (для максимальных значений скорости сдвиговой волны в зоне интереса). Достоверные значимые связи значений модуля Юнга, с одной стороны, и значений объема яичка, индекса резистентности во внутрияичковых артериях и возраста пациентов, с другой стороны, не выявлены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kuhn A.L., Scortegagna E., Nowitzki K.M., Kim Y.H. Ultrasonography of the scrotum in adults // Ultrasonography. 2016. Doi: 10.14366/usg.15075.
2. Митьков В.В., Митькова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 2. С. 94–108.
3. Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications // Ultraschall Med. 2013. V. 34. No. 3. P. 238–253.
4. Диомидова В.Н., Петрова О.В. Сравнительный анализ результатов эластографии сдвиговой волной и транзистентной эластографии в диагностике диффузных заболеваний печени // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 17–23.
5. Митьков В.В., Чубарова К.А., Заболотская Н.В., Митькова М.Д. Возможности эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике очаговой формы злокачественных и доброкачественных опухолей молочных желез // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 6. С. 27–39.
6. Сенча А.Н., Могутов М.С., Патрунов Ю.Н., Беляев Д.В., Сергеева Е.Д., Кашманова А.В. Количественные и качественные показатели ультразвуковой эластографии в диагностике рака щитовидной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 85–98.

7. Митьков В.В., Васильева А.К., Митькова М.Д., Аргунов П.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в оценке клинической значимости рака предстательной железы (промежуточные результаты) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 4. С. 13–23.
8. Trottman M., Marcon J., D'Anastasi M., Karl A., Stief C.G., Reiser M., Clevert D.A. The role of VTIQ as a new tissue strain analytics measurement technique in testicular lesions // Clin. Hemorheol. Microcirc. 2014. V. 58. No. 1. P. 195–209.
9. Sun Z., Xie M., Xiang F., Song Y., Yu C., Zhang Y., Ramdhany S., Wang J. Utility of real-time shear wave elastography in the assessment of testicular torsion // PLoS One. 2015. V. 10. No. 9. P. e0138523. Doi: 10.1371/journal.pone.0138523.
10. Trottman M., Marcon J., D'Anastasi M., Bruce M.F., Stief C.G., Reiser M., Buchner A., Clevert D.A. Shear-wave elastography of the testis in the healthy man – determination of standard values // Clin. Hemorheol. Microcirc. 2016. V. 62. No. 3. P. 273–281.
11. Spyropoulos E., Borousas D., Mavrikos S. et al. Size of external genital organs and somatometric parameters among physically normal men younger than 40 years old // Urology. 2002. V. 60. No. 3. P. 485–489.
12. Митьков В.В. Допплерография в диагностике заболеваний печени, желчного пузыря, поджелудочной железы и их сосудов. М.: Видар, 2000. 146 с.
13. Митьков В.В., Иванишина Т.В., Митькова М.Д. Эластография сдвиговой волной в мультипараметрической ультразвуковой диагностике рака щитовидной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2016. № 1. С. 13–28.
14. D'Anastasi M., Schneevoigt B.S., Trottman M. et al. Acoustic radiation force impulse imaging of the testes: a preliminary experience // Clin. Hemorheol. Microcirc. 2011. V. 49. No. 1–4. P. 105–114.
15. Richenberg J., Belfield J., Ramchandani P. et al. Testicular microlithiasis imaging and follow-up: guidelines of the ESUR scrotal imaging subcommittee // Eur. Radiol. 2015. V. 25. No. 2. P. 323–330.
16. Pinggera G.M., Mitterberger M., Bartsch G. et al. Assessment of the intratesticular resistive index by colour Doppler ultrasonography measurements as a predictor of spermatogenesis // BJU Int. 2008. V. 101. No. 6. P. 722–726.
17. Mahafza W.S., Alarini M.Y., Awadghanem A.F. et al. Testicular microlithiasis: Correlation with doppler sonography of testicular arteries and sperm function // J. Clin. Ultrasound. 2016. Doi: 10.1002/jcu.22363.

Ultrasound Shear Wave Elastography in Assessment of Normal Testis Stiffness

V.V. Mitkov, I.M. Gogaeva, M.D. Mitkova

Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow

V.V. Mitkov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. I.M. Gogaeva – M.D., Ph.D. fellow, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow.

125 patients (250 testes) were examined with shear wave ultrasound elastography. Testes parenchyma stiffness was assessed. Patient's age varied from 18 to 85 years old (median – 51 years old). Inclusion criteria were as follows: presence of both testes; absence of any scrotum pathology; absence of trauma, torsion, testes tumours, and infertility; normal ultrasound image of the testes in B-mode. Multiparametric ultrasound (B-mode, color Doppler, pulsed wave Doppler, 2D shear wave elastography) were performed on Aixplorer (Supersonic Imagine, France) scanner with wide band linear probe 4–15 MHz. 2.5–97.5th percentiles for Emean (medium value of Young's modulus in region of interest) in normal testis was 1.8–4.4 кПа, for Emax (maximum value of Young's modulus in region of interest) – 2.5–6.0 кПа; for shear wave velocity – 0.77–1.21 m/s (medium value of shear wave velocity in region of interest) and 0.91–1.41 m/s (maximum value of shear wave velocity in region of interest). There were not significant correlations between the Young's modulus from one side and testis volume, resistive index in intratesticular artery, and patient's age from another side.

Key words: *multiparametric ultrasound, ultrasound elastography, shear wave elastography, stiffness, Young's modulus, shear wave velocity, testis.*