

Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в характеристике рака яичка

В.В. Митьков¹, И.М. Гогаева², М.Д. Митькова¹,
Г.П. Колесников³, А.К. Васильева⁴, А.В. Кадрев⁵, А.А. Рязанцев¹

¹ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

² ФКУЗ “Главный клинический госпиталь Министерства внутренних дел Российской Федерации”, г. Москва

³ ГБУЗ города Москвы “Московская городская онкологическая больница №62 Департамента здравоохранения города Москвы”

⁴ Клинический госпиталь ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”

⁵ ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, обособленное подразделение Медицинский научно-образовательный центр Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Проведена мультипараметрическая ультразвуковая оценка злокачественных опухолей яичка у 31 пациента в возрасте от 19 до 65 лет (медиана – 33 года, 25–75-й процентиля – 27–40 лет). Во всех случаях было одностороннее поражение. Во всех случаях диагноз подтвержден морфологически (семинома – 18 (58,1%), эмбриональная карцинома – 5 (16,1%), смешанные герми-

ногенные опухоли – 7 (22,6%), сперматоцитарная семинома – 1 (3,2%). В 13 (41,9%) случаях была стадия pT1, в 15 (48,4%) – pT2, в 3 (9,7%) – pT3. Режим эластографии сдвиговой волной использовался после предварительной серошкальной визуализации яичек (аппарат Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция), линейный датчик 4–15 МГц). Медиана Emean в максималь-

В.В. Митьков – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. И.М. Гогаева – врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики Центра лучевых методов диагностики ФКУЗ “Главный клинический госпиталь Министерства внутренних дел Российской Федерации”, г. Москва. М.Д. Митькова – к.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. Г.П. Колесников – д.м.н., профессор, заведующий отделением онкоурологии поликлиники ГБУЗ города Москвы “Московская городская онкологическая больница №62 Департамента здравоохранения города Москвы”. А.К. Васильева – к.м.н., врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики Клинического госпиталя ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”. А.В. Кадрев – к.м.н., заведующий отделением ультразвуковой диагностики ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, обособленное подразделение Медицинский научно-образовательный центр Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва. А.А. Рязанцев – д.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва.

Контактная информация: 127299 г. Москва, ул. Новая Ипатьевка, д. 3а, Клинический госпиталь ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”, кафедра ультразвуковой диагностики. Митьков Владимир Вячеславович. Тел.: +7 (499) 150-90-61. E-mail: vv@mitkov.ru

но жестких участках опухоли ($n = 31$) составила 109,3 кПа, 25–75-й проценти́ли – 77,7–145,5 кПа, 5–95-й проценти́ли – 18,7–192,4 кПа, минимальное – максимальное значения – 15,3–241,4 кПа. Значения модуля Юнга (E_{mean}) в области опухоли достоверно выше при сравнении с эхографически неизменной паренхимой ипсилатерального яичка (1), эхографически неизменным контрлатеральным яичком (2) и нормативными данными (3) ($P < 0,0001$ для трех сравнений). Качественная оценка эластографической картины (деление на типы эластографической картины) дает представление о жесткостной природе опухоли, однако зависит от выбранной шкалы. На настоящий момент целесообразно ее использование именно для идентификации наиболее жестких участков образования с проведением последующих измерений. Не выявлены значимые корреляции значений модуля Юнга ни с объемом опухоли, ни с максимальным ее линейным размером, ни со стадиями pT, ни с морфологическими типами. Выявлена умеренная прямая корреляция значений индекса жесткости 1 (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка при ее наличии) со стадиями pT ($\tau_k = 0,32$, $P = 0,0305$). Эластометрия в качестве одного из звеньев мультипараметрической ультразвуковой диагностики дает новую информацию о жесткости опухолей яичка, что может быть использовано в рутинном диагностическом процессе с учетом низкой временной затратности методики.

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

Цитирование: Митьков В.В., Гогаева И.М., Митькова М.Д., Колесников Г.П., Васильева А.К., Кадрев А.В., Рязанцев А.А. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в характеристике рака яичка // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2017. № 5. С. 13–24.

ВВЕДЕНИЕ

В России в 2015 г. впервые диагностировано 1 569 новых случаев злокачественных новообразований яичка [1] (для сравнения: в США в 2015 г. впервые диагностировано 8 430 новых случаев [2], в 2016 г. – 8 720 [3], в 2017 г. – 8 850 [4]).

Интересно, что наиболее высокие показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями яичка отмечены в европейских странах и странах Северной Америки, низкие – азиатских и африканских странах. Самый высокий показатель заболеваемости отмечен в Норвегии (10,5 на 100 000 населения в год), самый низкий – Уганде (0,3 на 100 000 населения в год) (данные за 2003–2007 гг.) [5]. В России в 2015 г. стандартизованный показатель на 100 000 населения составил 1,93 [1]. Если рассматривать заболеваемость населения территорий России, то в 2015 г. на первом месте оказалась Еврейская автономная область (6,19 на 100 000) [1].

Прирост в России за 10 лет (стандартизованный показатель на 100 000 населения в 2015 г.) составляет 15,57% (для сравнения: аналогичный показатель для злокачественных новообразований предстательной железы – 105,65%) [1]. Та же тенденция для злокачественных новообразований яичка прослеживается в большинстве стран мира [5].

Если рассматривать заболеваемость различных возрастных групп мужского населения, то в 2015 г. абсолютный пик приходится на группы 30–34 года (279 (17,8%) новых случаев) и 30–39 лет (четвертое десятилетие жизни) (522 (33,3%) новых случаев) [1]. В большинстве стран мира пик заболеваемости для семинома приходится на четвертое десятилетие жизни, для опухолей несеминозного ряда – на третье (данные за 2003–2007 гг.) [5].

Если рассматривать гистологический тип опухолей яичка, то доля семинома в большинстве стран мира составляет более 50%. Данная пропорция не зависит от уровня заболеваемости [5].

Как известно, герминогенные опухоли яичка составляют абсолютное большинство (98–99%) злокачественных образований. По данным А.А. Ghazarian et al. (2015) [6], семиномы встречаются в 58,4% случаев,

несеминозные опухоли – 41,0%, сперматозоидные семиномы – 0,6%.

Если рассматривать диагностическое значение различных методов визуализации яичка, то на первый план выходит ультразвуковое исследование в серошкальном режиме, которое имеет 100%-ю чувствительность при превосходном соотношении “затраты–результаты”. Если прицельно рассматривать понятие “мультипараметрическая ультразвуковая диагностика”, то можно говорить и об очень высокой специфичности метода. Доказательством этого утверждения является 93%-я специфичность ультразвукового исследования с контрастным усилением и компрессионной эластографией (в обоих случаях диагностика основывалась на неколичественных критериях) в дифференциации злокачественных и доброкачественных опухолей яичка [7].

Для характеристики очаговых образований яичка возможно применение не только качественной (компрессионная эластография), но и количественной (эластография сдвиговой волной) ультразвуковой эластографии. В настоящее время мы находимся в процессе накопления материала по оценке возможностей эластографии сдвиговой волной в диагностике опухолей яичка.

При компрессионной эластографии мы также используем цифровой показатель – индекс эластичности (жесткости, деформации). Но он является полуколичественным параметром. Поэтому истинная эластометрия при исследовании опухолевых процессов возможна только при эластографии сдвиговой волной (как точечной эластографии сдвиговой волной, так и двумерной эластографии сдвиговой волной). Количественные параметры, которые мы можем оценивать, – это скорость сдвиговой волны (м/с) и модуль Юнга (кПа). Причем наши аппараты измеряют именно скорость сдвиговой волны, которую с помощью известной формулы ($E \approx 3c_s^2$, где E – модуль Юнга (кПа), c_s – скорость сдвиговой волны (м/с)) преобразуют в значения модуля Юнга [8]. Более правильно использовать именно скорость сдвиговой волны [9], однако большинство рабочих количественных порогов в урологической сфере, в том числе и в общепринятых рекомендациях, дано именно в виде цифровых значений модуля Юнга [10, 11].

Целью настоящей работы явилась количественная эластографическая характеристика (эластометрия) рака яичка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведена мультипараметрическая ультразвуковая оценка злокачественных опухолей яичка у 31 пациента в возрасте от 19 до 65 лет (медиана – 33 года, 25–75-й процентиля – 27–40 лет). Во всех случаях было одностороннее поражение. Во всех случаях диагноз подтвержден морфологически (семинома – 18 (58,1%), эмбриональная карцинома – 5 (16,1%), смешанные герминогенные опухоли – 7 (22,6%), сперматозоидная семинома – 1 (3,2%)). В 13 (41,9%) случаях была стадия pT1, в 15 (48,4%) – pT2, в 3 (9,7%) – pT3.

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, цветодоплерография, импульсно-волновая доплерография, двумерная эластография сдвиговой волной) органов мошонки проводилось на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием широкополосного датчика, работающего в диапазоне частот от 4 до 15 МГц, при качественной фиксации мошонки.

Режим эластографии сдвиговой волной использовался после предварительной серошкальной оценки яичек. Техника выполнения эластографии подразумевала плавные движения датчиком, отсутствие дополнительной компрессии на исследуемый орган. Значения модуля Юнга, характеризующие жесткость тканей, отображались с помощью цветовой карты в режиме реального времени (при стандартной шкале 50 кПа). Максимальная глубина сканирования в эластографическом режиме согласно техническим возможностям методики при использовании данного вида датчика до 30 мм. После выбора области интереса время для стабилизации изображения составляло не менее 4 с.

При стандартной шкале 50 кПа проводилась условная качественная оценка эластографической картины образования яичка (однородная жесткость образования, визуализирующегося в серошкальном режиме; зона повышенной жесткости определяется по периферии серошкального изображения образования; неоднородная (неупорядоченно неодинаковая в разных частях) жесткость образования, визуализирующегося в серошкальном режиме). Таким же образом оценивалось яичко при ультразвуковом выявлении его полного поражения.

Количественная оценка жесткости ткани (измерение модуля Юнга) проводилась в зонах интереса (Q-Box) при полном окрашивании цветового окна в областях интереса (опухоль яичка, эхографически неизменная паренхима ипсилатерального яичка (при наличии), эхографически неизменное контрлатеральное яичко). 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} и E_{max}.

В анализ включали значения модуля Юнга, полученные в опухолевых участках с максимальной жесткостью (участки с минимальной жесткостью использовались только для расчета внутриопухолевого индекса жесткости). Для сравнения оценивали эхографически неизменную паренхиму ипсилатерального яичка (при наличии) (при возможности усредняли результаты трехкратных измерений). При оценке эхографически неизменного контрлатерального яичка усредняли результаты трехкратных измерений модуля Юнга в области среднего сегмента.

Рассчитывался индекс жесткости (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка (при наличии) (1); отношение значений E_{mean} в областях опухоли и паренхимы эхографически неизменного контрлатерального яичка (2); отношение значений E_{mean} в области опухоли с учетом минимальной и максимальной величин (3 – внутриопухолевый индекс жесткости)).

Для оценки объема опухолей яичка (или яичка при его полном поражении) в дву-

мерном серошкальном режиме использовалась формула объема эллипсоида:

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

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

Статистический анализ осуществляли с помощью программы MedCalc. Количественные данные представлены в виде медианы (50-й перцентиль), 25–75-го перцентилей, 5–95-го перцентилей и минимального – максимального значений. Количественные параметры сравнивали с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни. При проведении корреляционного анализа использовали коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r_s) и тау Кендалла (τ_k). Различия считали достоверными при P ≤ 0,05. При проведении корреляционного анализа результаты считали статистически значимыми также при P ≤ 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При серошкальной эхографии опухоли в 24 (77,4%) случаях имели очаговое строение (визуализировались четко отграниченные образования), в 7 (22,6%) случаях отмечалось поражение всего яичка. Эти ультразвуковые находки в 100,0% случаев были подтверждены морфологически. При стандартной шкале (50 кПа) определялись три условных типа эластографической картины опухолей (необходимо еще раз подчеркнуть условность этой процедуры – при повышении или понижении стандартной шкалы (50 кПа) данная качественная эластографическая классификация не работала). При 1-м типе (рис. 1) образование (или яичко при его полном поражении), определяющееся в серошкальном режиме, характеризовалось равномерно повышенной жесткостью (19 (61,3%) опухолей). При 2-м типе (рис. 2) зона повышенной жесткости визуализировалась по периферии образования, определяющегося в серошкальном режиме (3 (9,7%) опухоли). 3-й тип (рис. 3) характеризовался неоднородной (неупорядоченно неодинаковой в разных частях) жесткостью образования (9 (29,0%) опухолей).

Чем больше объем опухоли, тем больше неоднородность значений модуля Юнга (неодинаковая в разных частях жесткость): достоверная положительная слабая корр-

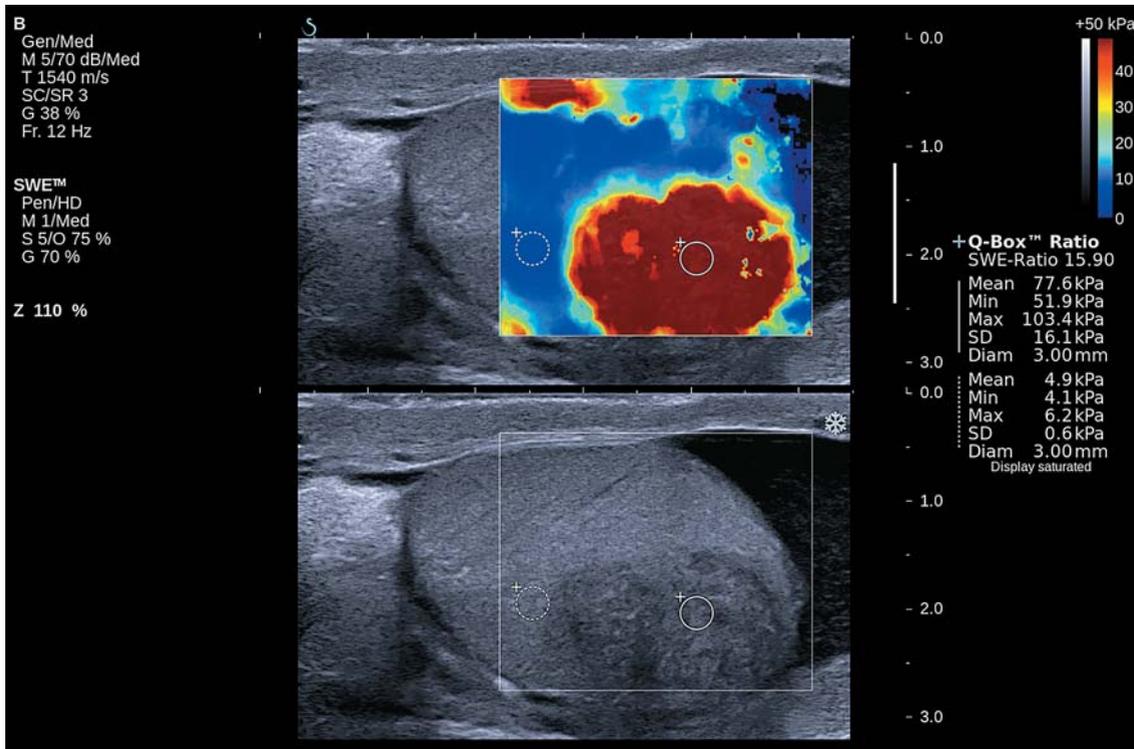


Рис. 1. Семинома. Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга и индекса жесткости. 1-й условный (при шкале 50 кПа) тип эластографической картины. Образование характеризуется равномерно повышенной жесткостью.

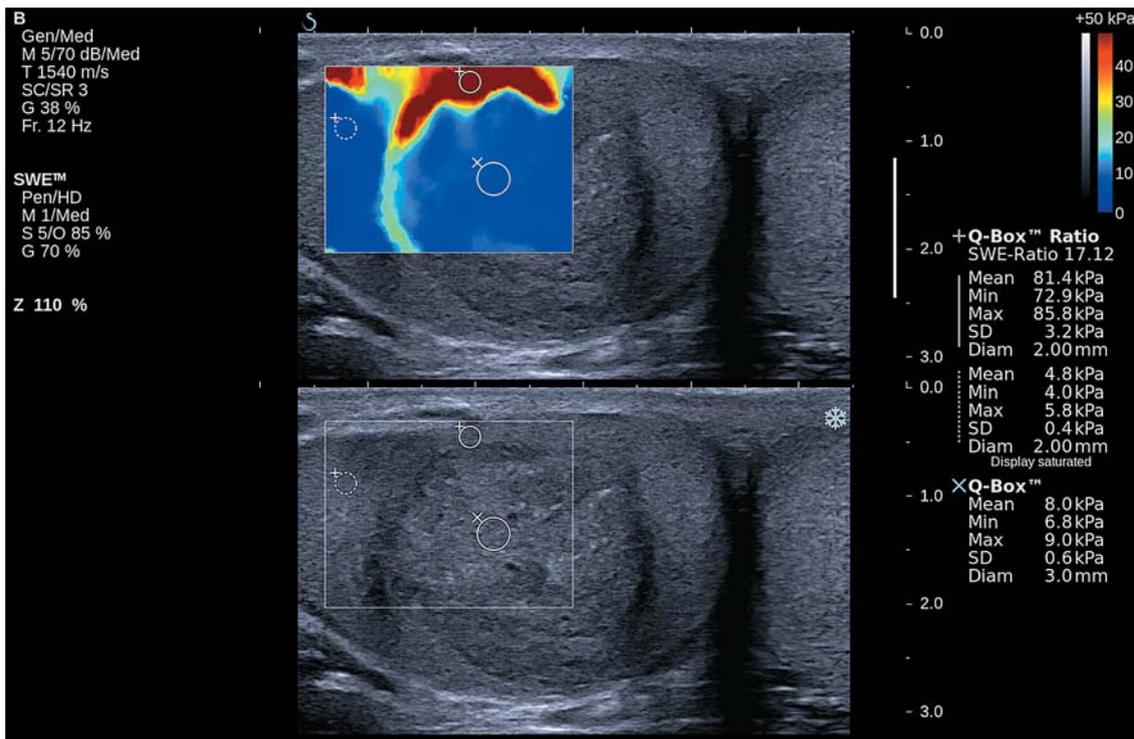


Рис. 2. Смешанная герминогенная опухоль. Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга и индекса жесткости. 2-й условный (при шкале 50 кПа) тип эластографической картины. Зона повышенной жесткости визуализируется по периферии образования.

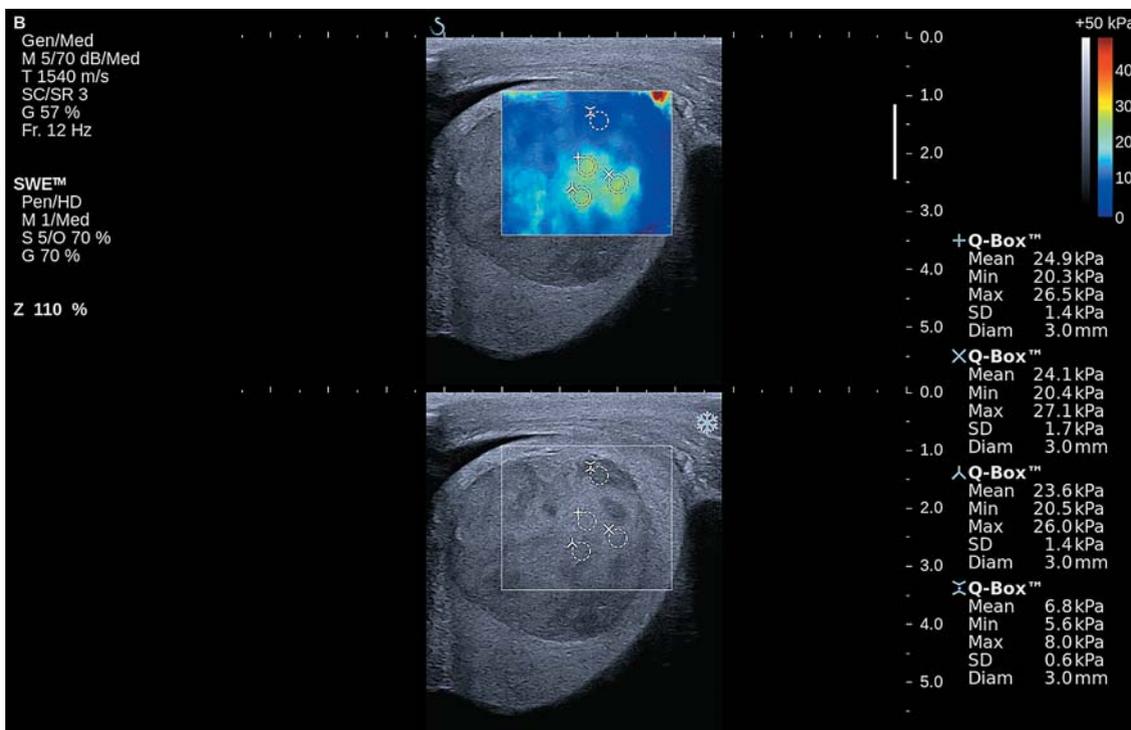


Рис. 3. Спермоцитарная семинома. Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга. 3-й условный (при шкале 50 кПа) тип эластографической картины. Образование характеризуется неоднородной (неупорядоченно неодинаковой в разных частях) жесткостью.

ления между типами эластографической картины и объемом опухолевого поражения яичка ($\tau_k = 0,273$, $P = 0,326$). Достоверные корреляции между типами эластографической картины опухолей, с одной стороны, и стадиями pT и морфологическими типами опухолей – с другой, не определяются.

При оценке модуля Юнга в опухолях яичка (с учетом наиболее жестких участков в проекции образования) медиана E_{mean} ($n = 31$) составила 109,3 кПа, 25–75-й процентиля – 77,7–145,5 кПа, 5–95-й процентиля – 18,7–192,4 кПа, минимальное – максимальное значения – 15,3–241,4 кПа; E_{max} ($n = 31$) – 133,0 кПа, 87,3–189,4 кПа, 20,9–247,2 кПа, 20,2–300,0 кПа.

Определялась достоверная отрицательная умеренная корреляция между значениями E_{mean} и типами эластографической картины ($r_s = -0,46$, $P = 0,0087$; $\tau_k = -0,39$, $P = 0,0021$): более высокие значения модуля Юнга были в опухолях с 1-м типом эластографической картины (однородная жесткость образования, визуализирующегося в серошкальном режиме). Достоверные корреляции между значениями E_{mean} , с одной стороны, и стадиями pT и морфоло-

гическими типами опухолей – с другой, не определяются.

Еще более заметная отрицательная корреляция была выявлена между значениями E_{max} и типами эластографической картины ($r_s = -0,51$, $P = 0,0036$; $\tau_k = -0,42$, $P = 0,0008$). Достоверные корреляции между значениями E_{max} , с одной стороны, и стадиями pT и морфологическими типами опухолей – с другой, также не определяются.

Интересно, что при первоначальном анализе меньшей группы пациентов ($n = 22$) была выявлена достоверная связь типов эластографической картины только со значениями E_{max} ($r_s = -0,31$, $P = 0,04$) [12]. Как видно, при увеличении группы пациентов данная тенденция становится более выраженной.

Достоверные корреляции между значениями E_{mean} и E_{max} , с одной стороны, и объемом и максимальным линейным размером опухоли – с другой, выявлены не были. Несмотря на то что минимальный объем опухоли в нашем исследовании был 1,1 мл, интерквартильный размах составил 6,5–45,3 мл при медиане 19,0 мл, что гово-

Таблица 1. Значения модуля Юнга (E_{mean} , кПа) у исследуемой группы пациентов

Место измерения	Медиана	25–75-й проценти	5–95-й проценти	Минимальное – максимальное значения
Опухоль яичка (n = 31)	109,3	77,7–145,5	18,7–192,4	15,3–241,4
Эхографически неизменная паренхима ипсилатерального яичка (n = 24)	3,7	2,6–4,5	2,2–6,1	2,1–6,3
Эхографически неизменное контрлатеральное яичко (n = 31)	2,9	2,6–3,3	2,1–3,7	1,8–4,5
Нормативные данные [13] (n = 250)	2,8	2,4–3,4	1,9–4,2	1,3–5,4

Примечание: информация о достоверности различий представлена в тексте.

Таблица 2. Значения индекса жесткости у исследуемой группы пациентов

Место измерения	Медиана	25–75-й проценти	5–95-й проценти	Минимальное – максимальное значения
Индекс жесткости 1 (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка) (n = 24)	30,0	18,1–43,1	6,8–80,5	6,2–115,0
Индекс жесткости 2 (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и паренхимы эхографически неизменного контрлатерального яичка) (n = 31)	35,6	23,0–52,9	5,8–88,3	4,6–90,9
Индекс жесткости 3 (внутриопухолевый) (n = 31)	4,8	2,9–10,6	2,0–38,0	1,6–54,8

рит о значительных размерах опухолей в нашей выборке и требует дальнейшего изучения этого вопроса.

Результаты эластометрии в областях эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка (при наличии) и эхографически неизменного контрлатерального яичка представлены в табл. 1. При сравнении значений E_{mean} в эхографически неизменном контрлатеральном яичке с нормативными данными, опубликованными нами ранее [13], достоверные различия не получены. При сравнении значений E_{mean} в эхографически неизменной паренхиме ипсилатерального яичка с эхографически неизменным контрлатеральным яичком (1) и нормативными данными (2) получены достоверные различия ($P = 0,0352$ и $P = 0,0037$ соответственно).

При сравнении значений E_{mean} в области опухоли с эхографически неизменной паренхимой ипсилатерального яичка (1), эхографически неизменным контрлатеральным яичком (2) и нормативными данными (3) также получены достоверные различия ($P < 0,0001$ для трех сравнений).

Значения относительных количественных эластографических параметров, оцененных в рамках данного исследования, представлены в табл. 2. Значения индекса жесткости 1 и индекса жесткости 2 достоверно не различаются ($P = 0,4202$). Выраженная неоднородность цифровых значений модуля Юнга внутри образований яичка подчеркивается большим разбросом внутриопухолевого индекса жесткости (индекса жесткости 3): от 1,6 до 54,8 при медиане 4,8.

Выявлены достоверные обратные умеренные связи индекса жесткости 1 (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка) и индекса жесткости 2 (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и паренхимы эхографически неизменного контрлатерального яичка) с типами эластографической картины опухолей яичка ($r_s = -0,49$, $P = 0,0158$; $\tau_k = -0,40$, $P = 0,0058$ и $r_s = -0,52$, $P = 0,0029$; $\tau_k = -0,43$, $P = 0,0006$ соответственно). Кроме того, выявлена достоверная прямая умеренная корреляция индекса жесткости 1 со стадиями pT ($\tau_k = 0,32$, $P = 0,0305$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Модуль Юнга тканей неизменного яичка характеризуется очень низкими цифровыми значениями. Эти данные представлены в ряде работ последних лет. Так, по нашим данным (2016) ($n = 250$) [13], медиана E_{mean} паренхимы неизменного яичка составляет 2,8 кПа (при интерквартильном размахе 2,4–3,4 кПа). По данным L. Rocher et al. (2017) ($n = 124$) [14], медиана E_{mean} паренхимы неизменного яичка – 2,4 кПа, интерквартильный размах – 2,0–2,9 кПа. По данным M. Trottmann et al. (2016) ($n = 132$) [15], среднее значение E_{mean} паренхимы неизменного яичка – 3,6 кПа (1,1 м/с). Надо отметить, что все представленные цифровые значения получены на одном приборе с использованием линейного датчика.

Поскольку в перспективе жесткость (модуль Юнга, скорость сдвиговой волны) может использоваться для диагностики состояния яичек при бесплодии [16], а изменения эластометрических параметров при различных патологических состояниях очень незначительны [14], возникает вопрос о целесообразности использования такой высокой шкалы (50 кПа).

Возможно, в ближайшем будущем приборы будут оснащаться функцией оптимизации эластометрического режима по аналогии с существующими сейчас режимами оптимизации серошкального изображения и доплерографической картины, когда при нажатии одной клавиши прибора шкала автоматически будет снижаться до оптимальных для данной ткани величин. Мы

же попробовали, что можно получить при условной качественной оценке опухолей яичек при шкале 50 кПа, в которой работает установочный режим для мошонки.

Как было отмечено выше, выделено три условных типа эластографической картины опухолей (при повышении или понижении стандартной шкалы (50 кПа) данная качественная эластографическая классификация не работает). При 1-м типе образование (или яичко при его полном поражении), определяющееся в серошкальном режиме, характеризовалось равномерно повышенной жесткостью. При 2-м типе зона повышенной жесткости визуализировалась по периферии образования, определяющегося в серошкальном режиме. При 3-м типе образование характеризовалось неоднородной (неупорядоченно неодинаковой в разных частях) жесткостью. Типы эластографической картины коррелировали с объемом опухолевого поражения яичка (прямо) ($\tau_k = 0,273$, $P = 0,326$), значениями E_{mean} (обратно) ($r_s = -0,46$, $P = 0,0087$; $\tau_k = -0,39$, $P = 0,0021$), индексом жесткости 1 (обратно) ($r_s = -0,49$, $P = 0,0158$; $\tau_k = -0,40$, $P = 0,0058$) и индексом жесткости 2 (обратно) ($r_s = -0,52$, $P = 0,0029$; $\tau_k = -0,43$, $P = 0,0006$).

Единственная корреляция типов эластографической картины с неэластографическим параметром касалась именно объема яичка. Это доказывало, что больший объем опухоли связан с большей неоднородностью значений модуля Юнга в опухоли, то есть с неодинаковыми значениями в разных частях образования. Данная информация легко получается при расчете не зависящего от шкалы внутриопухолевого индекса жесткости, который в нашем исследовании характеризовался большим разбросом значений (1,6–54,8). Но достоверной корреляции значений объема и максимального линейного размера опухоли с внутриопухолевым индексом жесткости получено не было. Впрочем, как не было получено достоверной корреляции между значениями объема и максимального линейного размера опухоли, с одной стороны, и модуля Юнга – с другой.

Теоретически можно предположить, что значения модуля Юнга могут зависеть от объема опухоли. А отрицательные результаты, полученные в нашей работе, связаны

с большим размером исследованных образований. Однако A.S. Dikici et al. (2016) [17] представили 15 герминогенных опухолей яичка, максимальный размер которых был значительно меньше максимального размера опухолей нашей выборки (медиана – 18 и 52 мм соответственно, $P < 0,001$), но достоверная корреляция значений максимального размера опухолей с модулем Юнга (E_{mean}) внутри опухоли также не определялась. Надо отметить, что авторы также анализировали внутриопухолевые участки с максимальной жесткостью. К сожалению, в работе указаны только два размера образований, и вычислить объем для проведения корреляционного анализа не представляется возможным. Но данные по максимальному размеру образований достаточно показательны.

Что касается стадий pT и морфологических типов опухолей, то достоверные корреляции со значениями модуля Юнга в нашей работе также не выявлены. Единственная достоверная прямая умеренная корреляция эластографического параметра со стадиями pT касалась индекса жесткости 1 (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка при ее наличии) ($\tau_k = 0,32$, $P = 0,0305$). Чем больше разница жесткости внутри опухоли и в прилежащей неизменной паренхиме, тем выше стадия pT.

Безусловным ограничением данной работы является отсутствие анализа информативности, который невозможен без достаточной группы доброкачественных процессов, включающих редко встречающиеся доброкачественные опухоли. Это требует продолжения исследований в данном направлении.

ВЫВОДЫ

1) Медиана E_{mean} в максимально жестких участках опухоли ($n = 31$) составила 109,3 кПа, 25–75-й перцентили – 77,7–145,5 кПа, 5–95-й перцентили – 18,7–192,4 кПа, минимальное – максимальное значения – 15,3–241,4 кПа.

2) Значения модуля Юнга (E_{mean}) в области опухоли достоверно выше при сравнении с эхографически неизменной паренхимой ипсилатерального яичка (1), эхо-

графически неизменным контрлатеральным яичком (2) и нормативными данными (3) ($P < 0,0001$ для трех сравнений).

3) Качественная оценка эластографической картины (деление на типы эластографической картины) дает представление о жесткостной природе опухоли, однако зависит от выбранной шкалы. На настоящий момент целесообразно ее использование именно для идентификации наиболее жестких участков образования с проведением последующих измерений.

4) Не выявлены значимые корреляции значений модуля Юнга ни с объемом опухоли, ни с максимальным ее линейным размером, ни со стадиями pT, ни с морфологическими типами.

5) Выявлена умеренная прямая корреляция значений индекса жесткости 1 (отношение значений E_{mean} в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка при ее наличии) со стадиями pT ($\tau_k = 0,32$, $P = 0,0305$).

6) Эластометрия в качестве одного из звеньев мультипараметрической ультразвуковой диагностики дает новую информацию о жесткости опухолей яичка, что может быть использовано в рутинном диагностическом процессе с учетом низкой временной затратности методики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злокачественные новообразования в России в 2015 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2017. 250 с.
2. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2015 // CA Cancer J. Clin. 2015. V. 65. No. 1. P. 5–29. Doi: 10.3322/caac.21254.
3. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2016 // CA Cancer J. Clin. 2016. V. 66. No. 1. P. 7–30. Doi: 10.3322/caac.21332.
4. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2017 // CA Cancer J. Clin. 2017. V. 67. No. 1. P. 7–30. Doi: 10.3322/caac.21387.
5. Trabert B., Chen J., Devesa S.S., Bray F., McGlynn K.A. International patterns and trends in testicular cancer incidence, overall and by histologic subtype, 1973–2007 // Andrology. 2015. V. 3. No. 1. P. 4–12. Doi: 10.1111/andr.293.
6. Ghazarian A.A., Trabert B., Devesa S.S., McGlynn K.A. Recent trends in the incidence of testicular germ cell tumors in the United States // Andrology. 2015. V. 3. No. 1. P. 13–18. Doi: 10.1111/andr.288.

7. Auer T., De Zordo T., Dejaco C., Gruber L., Pichler R., Jaschke W., Dogra V.S., Aigner F. Value of multiparametric US in the assessment of intratesticular lesions // *Radiology*. 2017. V. 285. No. 2. P. 640–649. Doi: 10.1148/radiol.2017161373.
8. Митьков В.В., Митькова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015. № 2. С. 94–108.
9. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S., Cantisani V., Castera L., Cosgrove D., Ferraioli G., Friedrich-Rust M., Gilja O.H., Goertz R.S., Karlas T., de Knecht R., de Ledinghen V., Piscaglia F., Procopet B., Saftoiu A., Sidhu P.S., Sporea I., Thiele M. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version) // *Ultraschall Med*. 2017. V. 38. No. 4. P. e16–e47. Doi: 10.1055/s-0043-103952.
10. Barr R.G., Cosgrove D., Brock M., Cantisani V., Correas J.M., Postema A.W., Salomon G., Tsutsumi M., Xu H.X., Dietrich C.F. WFUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography: Part 5. Prostate // *Ultrasound Med. Biol*. 2017. V. 43. No. 1. P. 27–48. Doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.06.020.
11. Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J., Bojunga J., Correas J.M., Gilja O.H., Klausner A.S., Sporea I., Calliada F., Cantisani V., D'Onofrio M., Drakonaki E.E., Fink M., Friedrich-Rust M., Fromageau J., Havre R.F., Jenssen C., Ohlinger R., Saftoiu A., Schaefer F., Dietrich C.F.; EFSUMB. 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. Doi: 10.1055/s-0033-1335375.
12. Гогаева И.М., Митькова М.Д., Митьков В.В. Количественная характеристика рака яичка при ультразвуковой эластографии сдвиговой волной // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2016. № 5. Приложение к журналу. Тезисы IV Уральского съезда специалистов ультразвуковой диагностики (10–12 ноября 2016 года, г. Челябинск). С. 78–79.
13. Митьков В.В., Гогаева И.М., Митькова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной при исследовании неизмененных яичек // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2016. № 3. С. 34–41.
14. Rocher L., Criton A., Gennisson J.L., Izard V., Ferlicot S., Tanter M., Benoit G., Bellin M.F., Correas J.M. Testicular shear wave elastography in normal and infertile men: a prospective study on 601 patients // *Ultrasound Med. Biol*. 2017. V. 43. No. 4. P. 782–789. Doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.11.016.
15. Trottmann M., Marcon J., D'Anastasi M., Bruce M.F., Stief C.G., Reiser M.F., 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. Doi: 10.3233/CH-162046.
16. Niederberger C. Re: Testicular shear wave elastography in normal and infertile men: a prospective study on 601 patients // *J. Urol*. 2017. V. 198. No. 3. P. 469–470. Doi: 10.1016/j.juro.2017.06.046.
17. Dikici A.S., Er M.E., Alis D., Samanci C., Ustabasioglu F.E., Demirdag C., Durak H., Kantarci F., Mihmanli I. Is there any difference between seminomas and nonseminomatous germ cell tumors on shear wave elastography?: a preliminary study // *J. Ultrasound Med*. 2016. V. 35. No. 12. P. 2575–2580. Doi: 10.7863/ultra.15.12067.

REFERENCES

1. Malignant neoplasms in Russia in 2015 (incidence and mortality) / Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: P.A. Hertsen Moscow Oncology Research Center, National Medical Research Radiological Center, 2017. 250 p. (Book in Russian)
2. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2015 // *CA Cancer J. Clin*. 2015. V. 65. No. 1. P. 5–29. Doi: 10.3322/caac.21254.
3. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2016 // *CA Cancer J. Clin*. 2016. V. 66. No. 1. P. 7–30. Doi: 10.3322/caac.21332.
4. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2017 // *CA Cancer J. Clin*. 2017. V. 67. No. 1. P. 7–30. Doi: 10.3322/caac.21387.
5. Trabert B., Chen J., Devesa S.S., Bray F., McGlynn K.A. International patterns and trends in testicular cancer incidence, overall and by histologic subtype, 1973–2007 // *Andrology*. 2015. V. 3. No. 1. P. 4–12. Doi: 10.1111/andr.293.
6. Ghazarian A.A., Trabert B., Devesa S.S., McGlynn K.A. Recent trends in the incidence of testicular germ cell tumors in the United States // *Andrology*. 2015. V. 3. No. 1. P. 13–18. Doi: 10.1111/andr.288.
7. Auer T., De Zordo T., Dejaco C., Gruber L., Pichler R., Jaschke W., Dogra V.S., Aigner F. Value of multiparametric US in the assessment of intratesticular lesions // *Radiology*. 2017. V. 285. No. 2. P. 640–649. Doi: 10.1148/radiol.2017161373.
8. Mitkov V.V., Mitkova M.D. Ultrasound shear wave elastography // *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2015. No. 2. P. 94–108. (Article in Russian)
9. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S., Cantisani V., Castera L., Cosgrove D., Ferraioli G., Friedrich-Rust M., Gilja O.H., Goertz R.S., Karlas T., de Knecht R., de Ledinghen V., Piscaglia F., Procopet B., Saftoiu A., Sidhu P.S., Sporea I., Thiele M. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version) // *Ultraschall Med*. 2017. V. 38. No. 4. P. e16–e47. Doi: 10.1055/s-0043-103952.
10. Barr R.G., Cosgrove D., Brock M., Cantisani V., Correas J.M., Postema A.W., Salomon G., Tsutsumi M., Xu H.X., Dietrich C.F. WFUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography: Part 5. Prostate //

- Ultrasound Med. Biol. 2017. V. 43. No. 1. P. 27–48. Doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.06.020.
11. Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J., Bojunga J., Correas J.M., Gilja O.H., Klauser A.S., Sporea I., Calliada F., Cantisani V., D'Onofrio M., Drakonaki E.E., Fink M., Friedrich-Rust M., Fromageau J., Havre R.F., Jenssen C., Ohlinger R., Saftoiu A., Schaefer F., Dietrich C.F.; EFSUMB. 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. Doi: 10.1055/s-0033-1335375.
 12. Gogaeva I.M., Mitkov V.V., Mitkova M.D. Quantitative characterization of testicular cancer with shear wave elastography // *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2016. No. 5. Supplement. Theses of 4th Diagnostic Ultrasound Congress of Ural Region (Chelyabinsk, November 10–12, 2016). P. 78–79. (Thesis in Russian)
 13. Mitkov V.V., Gogaeva I.M., Mitkova M.D. Ultrasound shear wave elastography in assessment of normal testis stiffness // *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2016. No. 3. P. 34–41. (Article in Russian)
 14. Rocher L., Criton A., Gennisson J.L., Izard V., Ferlicot S., Tanter M., Benoit G., Bellin M.F., Correas J.M. Testicular shear wave elastography in normal and infertile men: a prospective study on 601 patients // *Ultrasound Med. Biol.* 2017. V. 43. No. 4. P. 782–789. Doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.11.016.
 15. Trottmann M., Marcon J., D'Anastasi M., Bruce M.F., Stief C.G., Reiser M.F., 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. Doi: 10.3233/CH-162046.
 16. Niederberger C. Re: Testicular shear wave elastography in normal and infertile men: a prospective study on 601 patients // *J. Urol.* 2017. V. 198. No. 3. P. 469–470. Doi: 10.1016/j.juro.2017.06.046.
 17. Dikici A.S., Er M.E., Alis D., Samanci C., Ustabsioglu F.E., Demirdag C., Durak H., Kantarci F., Mihmanli I. Is there any difference between seminomas and nonseminomatous germ cell tumors on shear wave elastography?: a preliminary study // *J. Ultrasound Med.* 2016. V. 35. No. 12. P. 2575–2580. Doi: 10.7863/ultra.15.12067.

Ultrasound shear wave elastography in testicular cancer characterization

V.V. Mitkov¹, I.M. Gogaeva², M.D. Mitkova¹,

G.P. Kolesnikov³, A.K. Vasileva⁴, A.V. Kadrev⁵, A.A. Ryazantsev¹

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow

² Central Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow

³ Moscow City Oncology Hospital No. 62, Moscow

⁴ Moscow Police Clinical Hospital, Russian Ministry of Interior, Moscow

⁵ Lomonosov Moscow State University, Medical Research and Educational Center, Moscow

V.V. Mitkov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. I.M. Gogaeva – M.D., Ultrasound Diagnostics Department, Central Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow. M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. G.P. Kolesnikov – M.D., Ph.D., Professor, Head of Urological Oncology Department, Outpatient Clinic, Moscow City Oncology Hospital No. 62, Moscow. A.K. Vasileva – M.D., Ph.D., Ultrasound Diagnostics Department, Moscow Police Clinical Hospital, Russian Ministry of Interior, Moscow. A.V. Kadrev – M.D., Ph.D., Head of Ultrasound Diagnostics Department, Lomonosov Moscow State University, Medical Research and Educational Center, Moscow. A.A. Ryazantsev – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow.

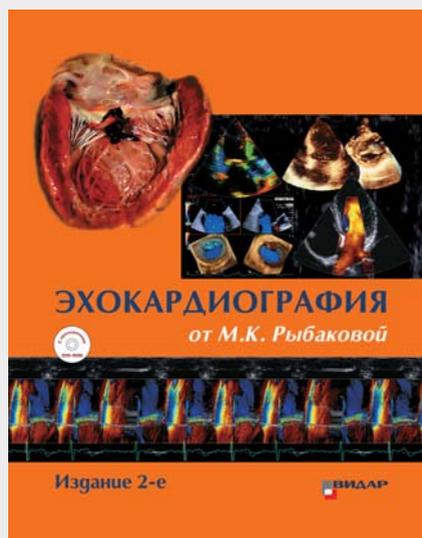
Multiparametric ultrasound evaluation of malignant testicular tumors was done in 31 patients (age ranged from 19 to 65 years (median – 33 years, 25–75th percentiles – 27–40 years)). In all cases unilateral lesion took place. In all cases diagnosis was confirmed morphologically (seminoma – 18 (58.1%), embryonal carcinoma – 5 (16.1%), mixed germ cell tumors – 7 (22.6%), spermatocytic seminomas – 1 (3.2%)). In 13 (41.9%) cases were stages pT1, 15 (48.4%) – pT2, 3 (9.7%) – pT3. Shear wave elastography was used after preliminary gray-scale imaging of the testes (Aixplorer (Supersonic Imagine, France), linear probe 4–15 MHz). Emean median in the stiffest tumor areas (n = 31) was 109.3 kPa, 25–75th percentiles – 77.7–145.5 kPa, 5–95th percentiles – 18.7–192.4 kPa, minimum – maximum values – 15.3–241.4 kPa. The values of Young's modulus (Emean) in the tumor region were significantly higher in compare to echographically intact parenchyma of the ipsilateral testis (1), contrala-

teral testicular parenchyma (2) and normative data (3) ($P < 0.0001$ for all comparisons). Qualitative elastographic assessment (elastographic patterns) gives an idea of the tumor stiffness, however, depends on the chosen scale. At the moment, it is make sense to use qualitative assessment for the stiffest areas identification with following stiffness measurements. There was not found significant correlation between Young's modulus and tumor volume, maximum linear tumor size, tumor stage, and morphological type. Direct significant correlation between the stiffness (elasticity) ratio (the ratio of Emean values in the stiffest tumor areas and echographically intact parenchyma of the ipsilateral testis) and pT stage ($\tau_k = 0.32$, $P = 0.0305$) was revealed. Elastometry, as a part of multiparametric testicular ultrasound, provides the new information about testicular tumors stiffness and can be used in the routine diagnosis because of low time-consuming.

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

Citation: Mitkov V.V., Gogaeva I.M., Mitkova M.D., Kolesnikov G.P., Vasileva A.K., Kadrev A.V., Ryazantsev A.A. Ultrasound shear wave elastography in testicular cancer characterization // *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2017. No. 5. P. 13–24. (Article in Russian)

НОВИНКИ издательства ВИДАР



ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

от М.К. Рыбаковой

Издание 2-е

Авторы:

Рыбакова М.К., Митьков В.В., Баллин Д.Г.

Данное издание представляет собой практическое руководство по ультразвуковой диагностике, в котором отражены все современные технологии, применяемые в эхокардиографии в настоящее время. Исключительный интерес для специалистов представляет CD-ROM с подборкой видеоклипов по всем основным разделам эхокардиографии, включающих редкие случаи диагностики. Особенность издания – попытка объединить и сравнить результаты эхокардиографического исследования сердца и патолого-анатомический материал по всем основным разделам.

Особый интерес представляют разделы, содержащие новые технологии исследования, такие как трех- и четырехмерная реконструкция сердца в реальном времени, тканевая доплерография. Большое внимание уделено также классическим разделам эхокардиографии – оценке легочной гипертензии, клапанных пороков сердца, ишемической болезни сердца и ее осложнений и т.д. В книге представлены огромный иллюстративный материал, большое количество схем и рисунков, приведены алгоритмы тактики проведения исследования и диагностики по всем разделам эхокардиографии.

Руководство помогает разрешить спорные и злободневные вопросы эхокардиографии, позволяет ориентироваться в расчетах и измерениях, содержит необходимую справочную информацию.

Книга написана сотрудниками кафедр ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последиplomного образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации (база – ГКБ им. С.П. Боткина, Москва). Издание предназначено для специалистов эхокардиографии, врачей ультразвуковой и функциональной диагностики, кардиологов и терапевтов.

WWW.VIDAR.RU