

Эластографическая характеристика рака яичка (морфологические и технические аспекты)

В.В. Митьков¹, И.М. Гогаева², М.Д. Митькова¹, Г.П. Колесников³,
А.К. Васильева⁴, А.В. Кадрев⁵, Д.Е. Шмаров²

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 ультразвуковая эластографическая оценка злокачественных опухолей яичка у 31 пациента в возрасте от 19 до 65 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%), спермоцитарная семинома – 1 (3,2%)). Пациенты были разделены на группы в зависимости от морфологических видов опухоли (семинома (n = 18) и несеминозные герминогенные опухоли (n = 12, в 2 случаях семинома была

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. Д.Е. Шмаров – врач-уролог урологического отделения №1 Центра урологии ФКУЗ “Главный клинический госпиталь Министерства внутренних дел Российской Федерации”, г. Москва.
Контактная информация: 127299 г. Москва, ул. Новая Ипатьевка, д. За, 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

одним из компонентов смешанной герминогенной опухоли) (1 случай спермоцитарной семиномы был исключен из этой части анализа); тератома как компонент смешанной герминогенной опухоли ($n = 6$) и остальные герминогенные опухоли ($n = 25$). Режим эластографии сдвиговой волной использовался после предварительной серошкальной визуализации яичек на аппаратах Aplio 500 (Toshiba, Япония) и Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) (линейные датчики 5–14 и 4–15 МГц соответственно). Технические аспекты: различия между измерениями значений модуля Юнга в опухолях яичка на аппарате (1) Aplio 500 и аппарате (2) Aixplorer недостоверны ($P = 0,95$). Корреляция между значениями модуля Юнга, полученными на двух приборах, высокая ($r_s = 0,86$, $P = 0,0137$). Значения модуля Юнга в опухолях яичка достоверно выше по сравнению с эхографически неизменной паренхимой ипсилатерального яичка ($P = 0,0017$ для указанных сравнений на двух аппаратах) и паренхимой эхографически неизменного контрлатерального яичка ($P = 0,0017$ для указанных сравнений на двух аппаратах) на фоне отсутствия достоверности различий между значениями модуля Юнга в двух яичках (неизменные участки ипсилатерального яичка и паренхима среднего сегмента контрлатерального яичка) ($P = 0,4057$ и $P = 0,8480$ для аппаратов 1 и 2 соответственно). Морфологические аспекты (аппарат Aixplorer): медиана Eteap в группе семиномы ($n = 18$) составила 110,3 кПа, 25–75-й перцентили – 77,6–159,0 кПа, 5–95-й перцентили –

16,5–222,1 кПа, минимальное – максимальное значения – 15,3–241,4 кПа; в группе несеминомных герминогенных опухолей ($n = 12$) – 109,9 кПа, 83,0–129,0 кПа, 55,5–156,8 кПа, 54,2–157,8 кПа (различия недостоверны при $P = 0,9325$). Отсутствие достоверности различий также было определено при сравнении смешанных герминогенных опухолей, в составе которых была тератома, и остальных опухолей ($P = 0,5823$). Различия значений индексов жесткости (индекс жесткости 1 – отношение значений Eteap в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка, индекс жесткости 2 – отношение значений Eteap в областях опухоли и паренхимы эхографически неизменного контрлатерального яичка, индекс жесткости 3 – внутриопухолевый индекс жесткости с учетом участков с максимальной и минимальной жесткостью внутри объемного образования) у пациентов с семиномами и несеминомными герминогенными опухолями не выявлены.

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

Цитирование: Митьков В.В., Гогаева И.М., Митькова М.Д., Колесников Г.П., Васильева А.К., Кадрев А.В., Шмаров Д.Е. Эластографическая характеристика рака яичка (морфология, технические аспекты) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2017. № 5. С. 25–39.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время ультразвуковая эластография играет все более значимую роль в уронефрологической практике. Причем это касается и компрессионной эластографии, и точечной эластографии сдвиговой волной, и двумерной эластографии сдвиговой волной. Практическая значимость ультразвуковой эластографии в диагностике рака предстательной железы определена европейскими и всемирными рекоменда-

циями [1, 2]. Опубликованы интересные работы по применению ультразвуковой эластографии в диагностике рака яичка [3, 4]. Проводятся исследования по использованию ультразвуковой эластографии в диагностике бесплодия [5, 6]. Место ультразвуковой эластографии в диагностике патологии нативных и трансплантированных почек также активно изучается [7, 8]. Есть немало работ по оценке роли метода в педиатрической популяции [9, 10].

Что касается рака яичка, то большинство исследователей сходятся во мнении, что при компрессионной эластографии злокачественные образования яичка более жесткие структуры по сравнению с окружающей паренхимой [4, 11]. На данном этапе активно изучается роль эластографии сдвиговой волной, которая позволяет оценивать количественные параметры (модуль Юнга, скорость сдвиговой волны), то есть фактически проводить эластометрию. Работ, посвященных количественной эластографической характеристике различных морфологических видов злокачественных опухолей яичка, практически нет. Это и определило ряд задач данной работы.

Как известно, эластометрия является аппаратзависимой технологией, что доказано исследованиями различных органов [12, 13]. Поэтому вторая часть задач была связана с оценкой эластометрической картины рака яичка на аппаратах разных производителей.

Цель исследования – эластографическая характеристика рака яичка с учетом морфологических и технических аспектов.

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 перцентили – 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%), спермоцитарная 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”).

Ультразвуковое исследование органов мошонки с двумерной эластографией сдвиговой волной проводилось на аппаратах Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция)

с использованием широкополосного линейного датчика, работающего в диапазоне частот от 4 до 15 МГц, и Aplio 500 (Toshiba, Япония) с использованием широкополосного линейного датчика, работающего в диапазоне частот от 5 до 14 МГц, при качественной фиксации мошонки.

Техника выполнения эластографии сдвиговой волной подразумевала плавные движения датчиком, отсутствие дополнительной компрессии во избежание артефактов. При работе на аппарате Aixplorer после выбора области интереса (цветовое окно) с целью стабилизации изображения производилась фиксация положения руки в течение 4 с. При работе на аппарате Aplio 500 после выбора области интереса с целью стабилизации изображения также производилась фиксация положения руки. В обоих случаях измерения проводились после получения адекватного (полного) окрашивания цветового окна. Во втором случае контроль качества и корректности полученного изображения и информации осуществлялся с помощью режима распространения волны (*propagation*). Глубина расположения цветового окна соответствовала рекомендациям производителей.

Количественная оценка жесткости ткани (измерение модуля Юнга) проводилась в зонах интереса (Q-Box и T в зависимости от производителя) при полном окрашивании цветового окна в областях интереса (опухоль яичка, эхографически неизменная паренхима ипсилатерального яичка (при наличии), эхографически неизменное контрлатеральное яичко). В случае использования аппарата Aplio 500 выбор зон интереса (T) осуществлялся под контролем режима *propagation*, отображающего фронт и равномерность распространения сдвиговой волны. В каждой зоне интереса автоматически определялись различные значения модуля Юнга. Для анализа было использовано среднее значение модуля Юнга (Emean или Eave в зависимости от производителя).

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 неизмененного контрлатерального яичка усредняли результаты трехкратных измерений модуля Юнга в области среднего сегмента.

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

Статистический анализ осуществляли с помощью программы MedCalc. Количественные данные представлены в виде медианы (50-й перцентиль), 25–75-го перцентилей (интерквартильный размах), 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 $P \leq 0,05$. При проведении корреляционного анализа результаты считали статистически значимыми также при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Технические аспекты

Для сравнения результатов оценки жесткости опухолей яичка на приборах Aplio 500 (Toshiba, Япония) (аппарат 1) и Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) (аппарат 2) было обследовано 7 пациентов в возрасте от 24 до 40 лет (медиана – 31 год, 25–75-й перцентили – 27–37 лет). Во всех случаях диагноз подтвержден морфологически (семинома – 3 (42,9%), эмбриональная карцинома – 2 (28,6%), смешанные герминогенные опухоли – 2 (28,6%)).

При оценке жесткости опухолей яичка ($n = 7$) (с учетом наиболее жестких участков в проекции образования) медиана модуля Юнга составила 140,6 кПа, 25–75-й перцентили – 52,2–162,5 кПа, минимальное –

максимальное значения – 15,0–176,6 кПа (аппарат 1) (рис. 1а) и 117,7 кПа, 109,9–181,8 кПа, 18,4–241,4 кПа (аппарат 2) (рис. 1б). Различия между измерениями на двух приборах недостоверны ($P = 0,95$). Корреляция между значениями модуля Юнга, полученными на двух приборах, высокая ($r_s = 0,86$, $P = 0,0137$).

При оценке модуля Юнга эхографически неизмененной паренхимы ипсилатерального яичка ($n = 7$) медиана модуля Юнга составила 3,8 кПа, 25–75-й перцентили – 3,0–5,1 кПа, минимальное – максимальное значения – 2,3–6,9 кПа (аппарат 1) и 2,9 кПа, 2,5–4,0 кПа, 2,1–6,3 кПа (аппарат 2). Различия между измерениями на двух приборах недостоверны ($P = 0,25$).

При оценке модуля Юнга паренхимы эхографически неизмененного контрлатерального яичка ($n = 7$) медиана модуля Юнга составила 3,2 кПа, 25–75-й перцентили – 3,0–3,7 кПа, минимальное – максимальное значения – 2,9–3,8 кПа (аппарат 1) и 2,9 кПа, 2,6–3,1 кПа, 2,5–3,2 кПа (аппарат 2). Различия между измерениями на двух приборах достоверны ($P = 0,0474$), как и при сравнении жесткости яичек в группе контроля ($n = 40$) [13].

Даже на небольшой выборке видно, что значения модуля Юнга в опухолях яичка достоверно выше по сравнению с эхографически неизмененной паренхимой ипсилатерального яичка ($P = 0,0017$ для указанных сравнений на двух аппаратах) и паренхимой эхографически неизмененного контрлатерального яичка ($P = 0,0017$ для указанных сравнений на двух аппаратах) на фоне отсутствия достоверности различий между значениями модуля Юнга в двух яичках (неизмененные участки ипсилатерального яичка и паренхима среднего сегмента контрлатерального яичка) ($P = 0,4057$ и $P = 0,8480$ для аппаратов 1 и 2 соответственно).

Морфологические аспекты

Для эластографической характеристики морфологических видов опухолей пациенты были разделены на две группы по двум признакам. Первую группу составили 18 (58,1%) пациентов с семиномами, вторую группу – 12 (38,7%) пациентов с несеминозными герминогенными опухолями (в двух из них семинома была одним из

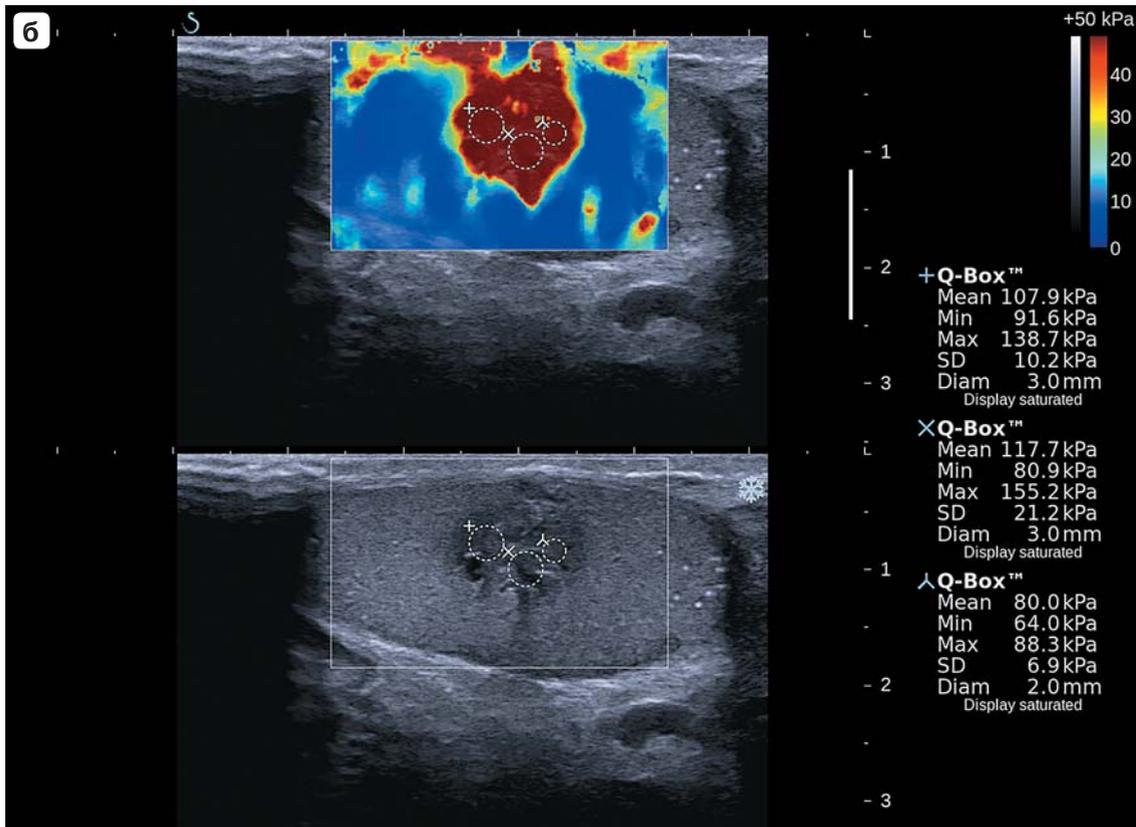
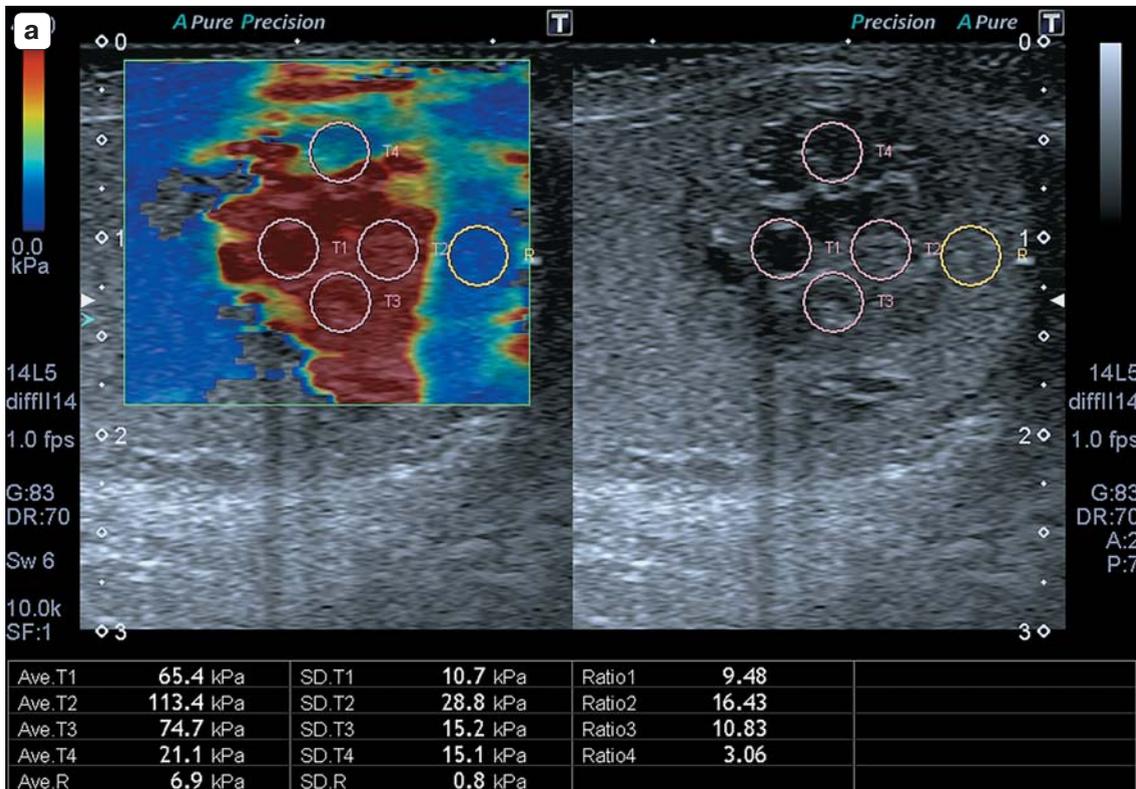


Рис. 1. Смешанная герминогенная опухоль (тератома в сочетании с эмбриональным раком), рТ1. Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга на аппарате 1 (а) и аппарате 2 (б).

Таблица 1. Значения модуля Юнга (E_{mean}, кПа) в опухолевых участках с максимальной жесткостью

Группы	Медиана	25–75-й проценти	5–95-й проценти	Минимальное – максимальное значения
Опухоли яичка (n = 31)	109,3	77,7–145,5	18,7–192,4	15,3–241,4
Первая группа (семиномы) (n = 18)	110,3	77,6–159,0	16,5–222,1	15,3–241,4
Вторая группа (несеминозные герминогенные опухоли) (n = 12)	109,9	83,0–129,0	55,5–156,8	54,2–157,8
Третья группа (смешанные герминогенные опухоли, в составе которых была тератома) (n = 6)	111,2	84,5–117,7	–	81,4–157,8
Четвертая группа (остальные опухоли) (n = 25)	108,0	65,7–147,4	17,6–205,2	15,3–241,4

Примечание: значения E_{mean} в спермоцитарной семиноме составили 24,9 кПа.

компонентов). 1 пациент со спермоцитарной семиномой был исключен из этой части анализа. Во вторую группу вошли 5 пациентов с эмбриональной карциномой и 7 – со смешанными герминогенными опухолями. Смешанные герминогенные опухоли включали: сочетание злокачественной тератомы и эмбрионального рака инфантильного типа (1), сочетание незрелой тератомы, эмбриональной карциномы и семиномы (1), сочетание тератомы и эмбрионального рака (1), сочетание зрелой тератомы и второго злокачественного компонента (1), сочетание семиномы и эмбрионального рака (1), сочетание незрелой тератомы, опухоли желточного мешка и эмбрионального рака (1), сочетание тератомы постпубертатного типа и хориокарциномы (1). Таким образом, тератома как компонент смешанной герминогенной опухоли, которая теоретически может характеризоваться более высокой жесткостью, присутствовала в 6 (19,4%) случаях (третья группа), остальные 25 случаев (вместе со спермоцитарной семиномой) составили четвертую группу по отсутствию данного признака. Что касается стадирования pT, то 6 семином соответствовало стадии pT1, 9 – pT2 и 3 – pT3. Несеминозные герминогенные опухоли в 6 случаях характеризовались стадией pT1, в 6 – pT2. Данная часть работы проведена при использовании аппарата Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция).

В табл. 1 представлены значения модуля Юнга, полученные в опухолях яичка. При

сравнении значений модуля Юнга в первой (семиномы) (рис. 2) и второй (несеминозные герминогенные опухоли) (см. рис. 1б, рис. 3, рис. 4) группах различия недостоверны ($P = 0,9325$). Отсутствие достоверности различий также было определено при сравнении третьей (смешанные герминогенные опухоли, в составе которых была тератома) (см. рис. 1б, рис. 4) и четвертой (остальные опухоли) групп ($P = 0,5823$).

Однако A.S. Dikici et al. (2016) [14] получили отличные от наших результаты. В своей работе они также разделили 15 герминогенных опухолей яичка на две группы. Первую группу составили 7 семином, вторую – 8 смешанных герминогенных опухолей. Исследования проводились на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием широкополосного линейного датчика, работающего в диапазоне частот от 4 до 15 МГц, как и в нашей работе. Авторы также включили в анализ значения E_{mean}, полученные в максимально жестких участках опухоли. Медиана модуля Юнга в общей группе опухолей составила 29,0 кПа, 25–75-й проценти – 9,7–51,2 кПа, минимальное – максимальное значения – 4,5–65,5 кПа. Поскольку авторы опубликовали весь первичный материал, было возможным проведение сравнительного анализа с нашей выборкой. При сравнении общих групп опухолей яичка выявлены достоверные различия ($P < 0,0001$), связанные с более высоким диапазоном значений в нашей выборке.

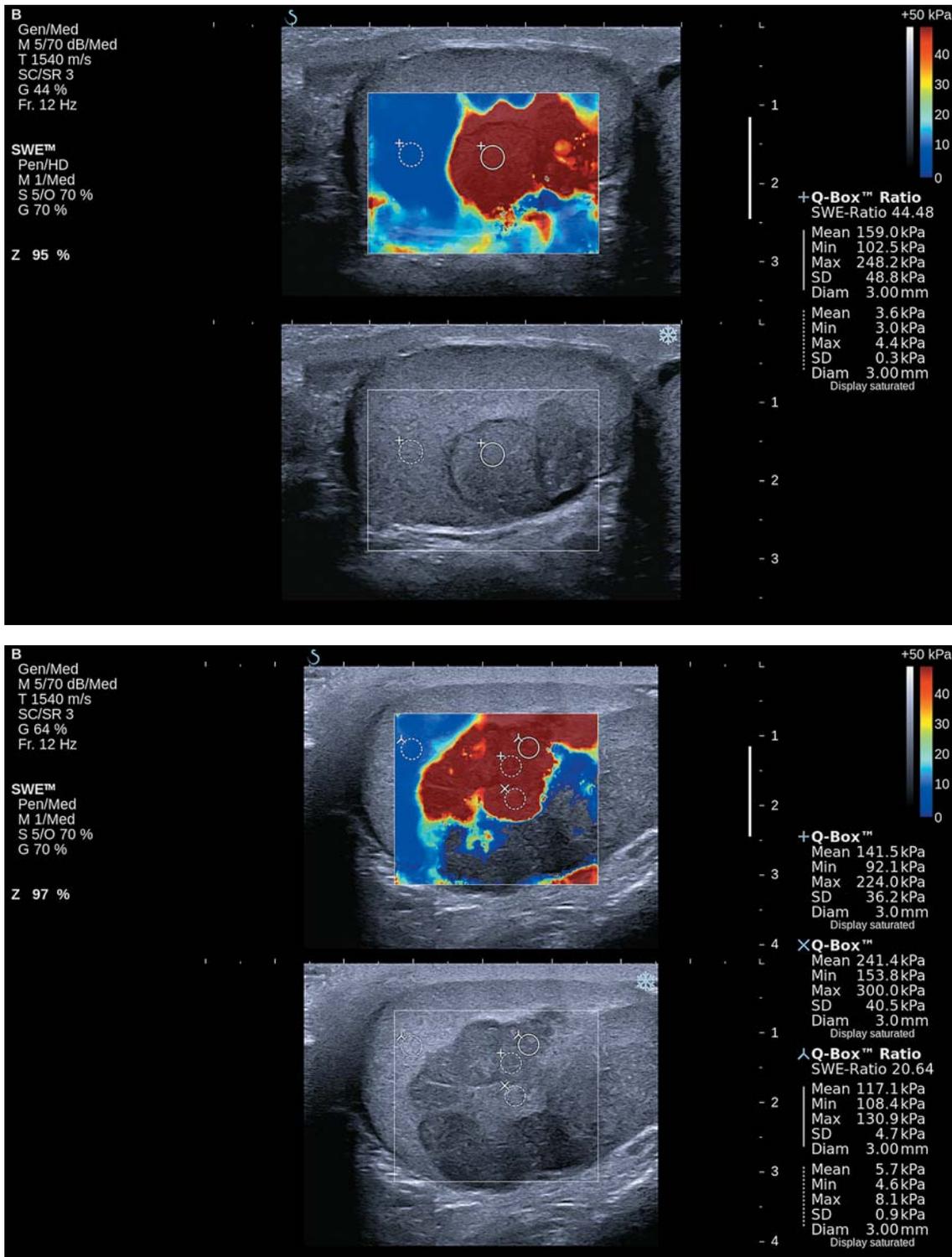


Рис. 2. Семинома, pT2 (примеры). Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга и индекса жесткости.

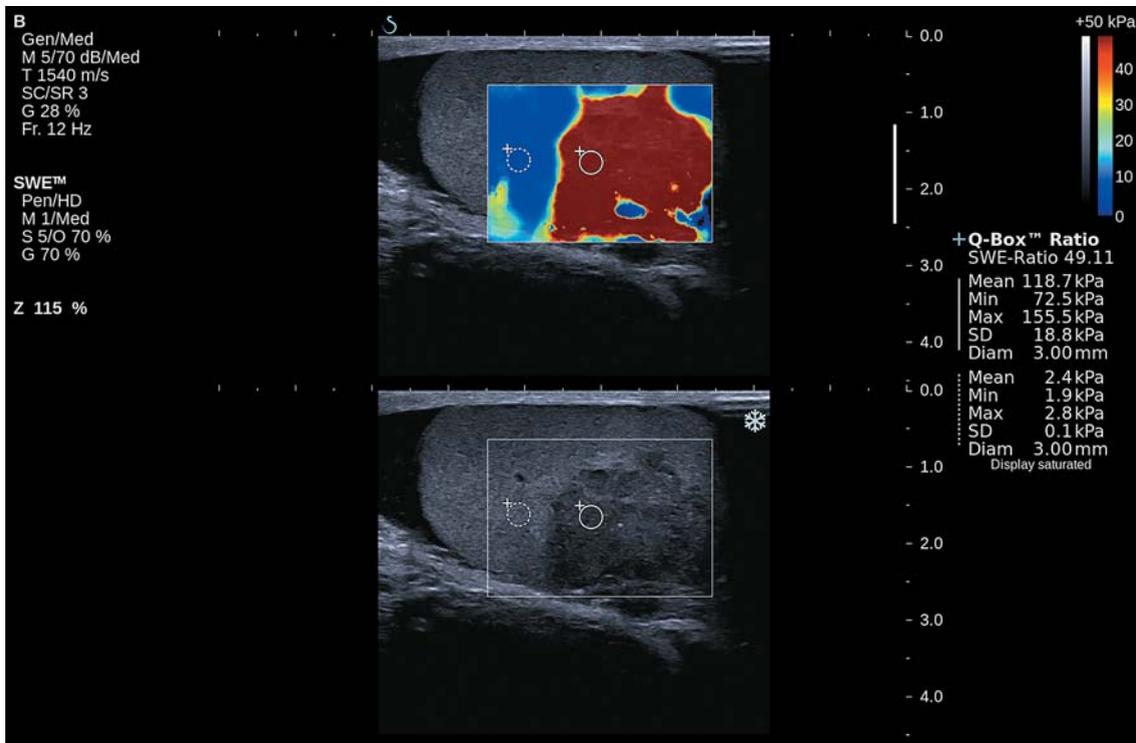
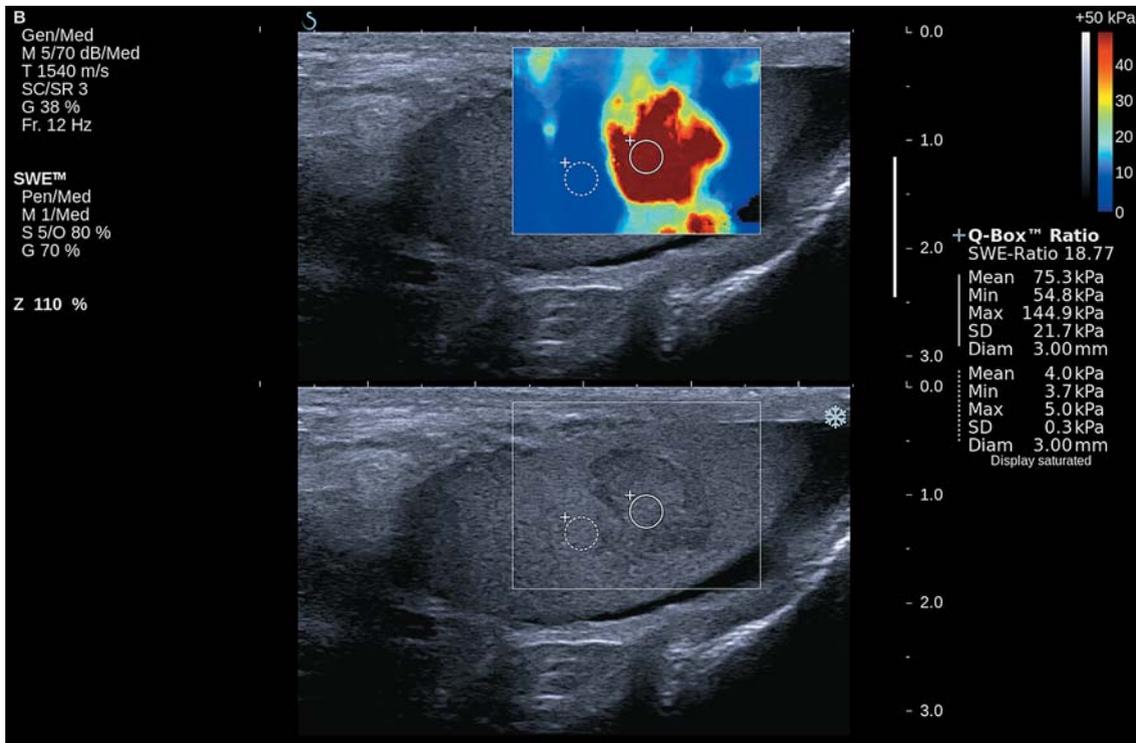


Рис. 3. Эмбриональная карцинома, pT2 (примеры). Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга и индекса жесткости.

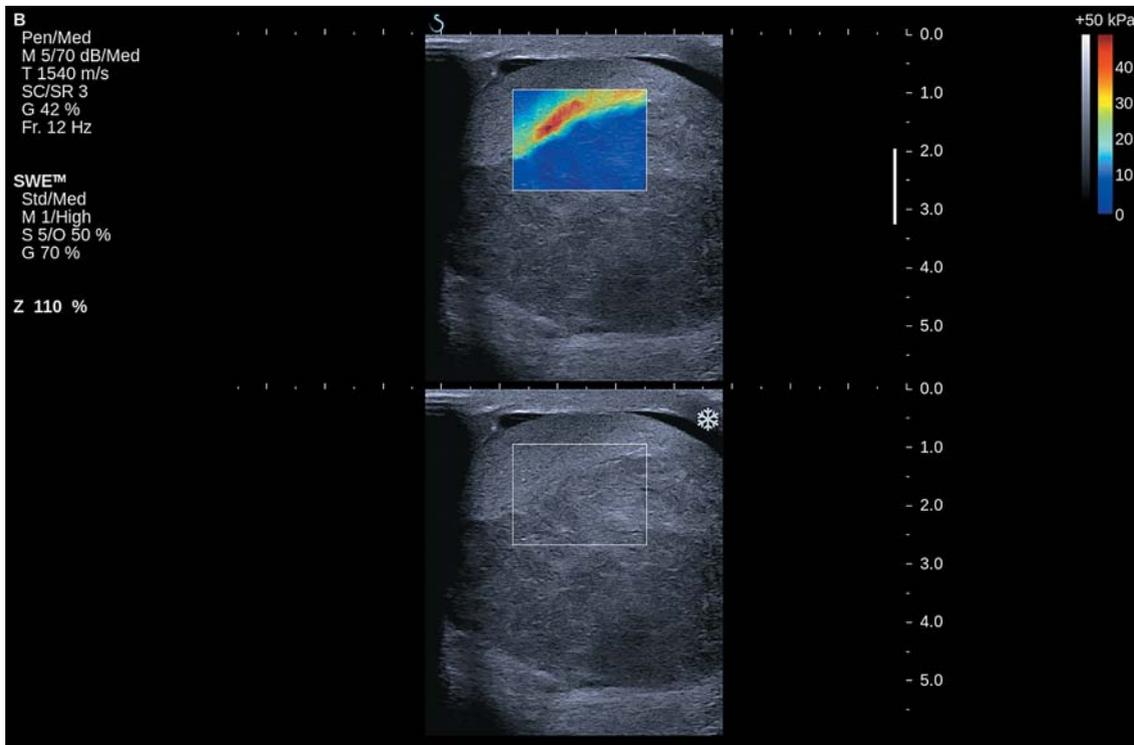


Рис. 4. Смешанная герминогенная опухоль (тератома в сочетании с эмбриональным раком инфантильного типа), pT2. Двумерная эластография сдвиговой волны.

По данным A.S. Dikici et al. (2016) [14], медиана модуля Юнга в группе семином ($n = 7$) составила 9,1 кПа, 25–75-й процентиля – 7,6–13,1 кПа, минимальное – максимальное значения – 4,5–15,8 кПа, в группе смешанных герминогенных опухолей ($n = 8$) – 48,2 кПа, 30,9–57,7 кПа, 29,0–65,5 кПа. В отличие от наших данных, определялись достоверные различия между семиномными и несеминомными опухолями ($P < 0,0012$). При сравнении с результатами нашей работы были получены достоверные различия как между группами семином ($P = 0,0002$), так и несеминомных герминогенных опухолей ($P = 0,0007$). Значения модуля Юнга в наших группах были значимо более высокими.

Необходимо отметить, что при проведении корреляционного анализа значимых связей размера (максимальный размер) образования со значениями E_{mean} внутри опухоли в обеих выборках обнаружено не было. Хотя это первое напрашивающееся объяснение такой значимой разницы результатов эластометрии на фоне достоверно больших значений максимального размера опухолей в нашей выборке ($P < 0,001$).

При проведении ROC-анализа данных A.S. Dikici et al. (2016) [14] (при осознании всех ограничений, связанных с малой выборкой) чувствительность признака “E_{mean} > 15,8 кПа” для диагностики несеминомных опухолей составила 100%, специфичность – 100%, площадь под кривой (AUC) – 1,000. Это абсолютно противоречит полученным нами результатам.

В табл. 2 представлены значения трех вариантов индекса жесткости у пациентов с раком яичка. При проведении различных сравнений ни в одном случае не получены сведения, указывающие на достоверность различий индекса жесткости у пациентов первой (семиномы) и второй (несеминозные герминогенные опухоли) групп. Ни в одной из групп не было выявлено достоверной корреляции значений индекса жесткости со стадией pT.

Еще одно исследование, проведенное с использованием аппарата Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) (широкополосные линейные датчики, работающие в диапазоне частот 4–15 и 2–10 МГц), в котором представлены эластометрические данные 5 опухолей яичка, подвергшихся обратному

Таблица 2. Значения индекса жесткости у пациентов с раком яичка

Параметры	Медиана	25–75-й проценти	5–95-й проценти	Минимальное – максимальное значения
Индекс жесткости 1 в опухолях яичка (n = 24)	30,0	18,1–43,1	6,8–80,5	6,2–115,0
Индекс жесткости 1 в семиномах (n = 13)	35,4	22,7–47,3	8,2–107,4	7,1–115,0
Индекс жесткости 1 в несеминных герминогенных опухолях (n = 10)	26,8	17,3–40,6	16,5–65,8	16,5–65,8
Индекс жесткости 2 в опухолях яичка (n = 31)	35,6	23,0–52,9	5,8–88,3	4,6–90,9
Индекс жесткости 2 в семиномах (n = 18)	35,0	22,8–58,8	5,0–90,3	4,6–90,9
Индекс жесткости 2 в несеминных герминогенных опухолях (n = 12)	37,6	27,1–46,8	18,9–65,8	18,7–66,8
Индекс жесткости 3 в опухолях яичка (n = 31)	4,8	2,9–10,6	2,0–38,0	1,6–54,8
Индекс жесткости 3 в семиномах (n = 18)	5,1	3,6–11,4	2,0–48,2	1,6–54,8
Индекс жесткости 3 в несеминных герминогенных опухолях (n = 12)	3,5	2,3–10,4	2,0–19,6	2,0–20,4

Примечание: индекс жесткости 1 – отношение значений Emean в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка, индекс жесткости 2 – отношение значений Emean в областях опухоли и паренхимы эхографически неизменного контрлатерального яичка, индекс жесткости 3 – внутриопухолевый индекс жесткости с учетом участков с максимальной и минимальной жесткостью внутри объемного образования. Сперматоцитарная семинома: индекс жесткости 1 – 6,2, индекс жесткости 2 – 8,0, индекс жесткости 3 – 4,5.

развитию (спонтанному регрессу) (*burned-out tumor*) (послеоперационная морфологическая верификация), опубликована L. Rocher et al. в 2017 г. [15]. Значения Emean в проекции опухоли колебались от 9,0 до 23,3 кПа (медиана – 11,4 кПа, интерквартильный размах – 9,2–14,9 кПа). Это было достоверно выше ($P = 0,0090$) по сравнению с паренхимой неизменного контрлатерального яичка (медиана – 1,7 кПа, интерквартильный размах – 1,6–2,5 кПа, минимальное – максимальное значения – 1,5–2,9 кПа). Медиана индекса жесткости составила 7,1, интерквартильный размах – 5,4–8,1 кПа, минимальное – максимальное значения – 3,7–8,2. Интересно, что в одном случае зона высокой жесткости была выявлена при эластографии сдвиговой волной на фоне отсутствия изменений в В-режиме. Эта зона жесткости соответствовала гипоинтенсивному участку на T2 взвешенных изображениях при магнитно-резонансной томографии [15]. Поскольку

авторы также опубликовали весь первичный материал, стало возможным проведение сравнительного анализа с результатами данного исследования и работой A.S. Dikici et al. (2016) [14]. И так, все сравнения проводили с группой опухолей яичка, подвергшихся обратному развитию (L. Rocher et al. (2017) [15]). Единственная группа, при сравнении с которой достоверные различия значений модуля Юнга не определялись, – это семинозные опухоли из исследования A.S. Dikici et al. (2016) [14]. Со всеми остальными группами (все опухоли, семиномы и несеминные герминогенные опухоли из нашего исследования и группа смешанных герминогенных опухолей из исследования A.S. Dikici et al. (2016) [14]) различия были достоверны ($P < 0,05$).

К сожалению, в нашем исследовании не представлены доброкачественные опухоли, поэтому оценка информативности эластографии сдвиговой волной в диагностике злокачественных опухолей яичка невоз-

можно. Кроме того, в яичке встречаются не только доброкачественные опухоли, но и другие очаговые образования, которые необходимо дифференцировать со злокачественными опухолями. Причем последние намного чаще. Результаты динамического наблюдения за жесткостью сегментарного инфаркта при использовании Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) (широкополосный линейный датчик, работающий в диапазоне частот от 4 до 15 МГц), представили F. Kantarci et al. (2012) [16]. На фоне острой боли и отека мошонки у 35-летнего пациента в проекции верхних отделов левого яичка была визуализирована округлая аваскулярная зона несколько повышенной эхогенности. Среднее значение модуля Юнга в проекции очага было 1,7 кПа, в проекции эхографически и доплерографически неизменной паренхимы – 2,6 кПа. Ультразвуковое исследование проведено в первые сутки от начала клинических проявлений заболевания. При повторном исследовании через 10 дней зона уменьшилась в размерах, приобрела клиновидную форму на фоне понижения эхогенности, в проекции очага начали визуализироваться единичные сосудистые сигналы. Жесткость очага значительно повысилась (в среднем до 22,3 кПа) [16].

В доступной литературе другие работы по эластометрии (количественной оценке модуля Юнга или скорости сдвиговой волны) опухолей яичка и других очаговых образований, проведенные при использовании аналогичной аппаратуры, не найдены. Однако результаты компрессионной эластографии в дифференциальной диагностике очаговых образований яичка показывают, что жесткость таких доброкачественных процессов, как лейдигомы [3, 17, 18], эпидермоидные кисты [19, 20], рубцы, инфаркты [4], эктопированная надпочечниковая ткань при врожденной гиперплазии надпочечников (*testicular adrenal rest tumours*) [21], очаговые изменения при саркоидозе [11], эктопированная селезенка [22], может быть также выше по сравнению с окружающей паренхимой. Это еще раз доказывает необходимость определения количественных эластографических критериев для повышения информативности мультипараметрической ультразвуковой диагностики.

ВЫВОДЫ

1) Различия между измерениями значений модуля Юнга в опухолях яичка на аппарате (1) Aplio 500 (Toshiba, Япония) и аппарате (2) Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) недостоверны ($P = 0,95$). Корреляция между значениями модуля Юнга, полученными на двух приборах, высокая ($r_s = 0,86$, $P = 0,0137$).

2) Значения модуля Юнга в опухолях яичка достоверно выше по сравнению с эхографически неизменной паренхимой ипсилатерального яичка ($P = 0,0017$ для указанных сравнений на двух аппаратах) и паренхимой эхографически неизменного контрлатерального яичка ($P = 0,0017$ для указанных сравнений на двух аппаратах) на фоне отсутствия достоверности различий между значениями модуля Юнга в двух яичках (неизменные участки ипсилатерального яичка и паренхима среднего сегмента контрлатерального яичка) ($P = 0,4057$ и $P = 0,8480$ для аппаратов 1 и 2 соответственно).

3) Медиана Emean в первой группе (семиномы) ($n = 18$) составила 110,3 кПа, 25–75-й перцентили – 77,6–159,0 кПа, 5–95-й перцентили – 16,5–222,1 кПа, минимальное – максимальное значения – 15,3–241,4 кПа; во второй группе (несеминомные герминогенные опухоли) ($n = 12$) – 109,9 кПа, 83,0–129,0 кПа, 55,5–156,8 кПа, 54,2–157,8 кПа (различия недостоверны при $P = 0,9325$).

4) Отсутствие достоверности различий также было определено при сравнении третьей (смешанные герминогенные опухоли, в составе которых была тератома) и четвертой (остальные опухоли) групп ($P = 0,5823$).

5) Различия значений индексов жесткости (индекс жесткости 1 – отношение значений Emean в областях опухоли и эхографически неизменной паренхимы ипсилатерального яичка, индекс жесткости 2 – отношение значений Emean в областях опухоли и паренхимы эхографически неизменного контрлатерального яичка, индекс жесткости 3 – внутриопухолевый индекс жесткости с учетом участков с максимальной и минимальной жесткостью внутри объемного образования) у пациентов первой (семиномы) и второй (несеминомные герминогенные опухоли) групп не выявлены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. 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.
3. Auer T., De Zordo T., Dejacco 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.
4. Schroder C., Lock G., Schmidt C., Loning T., Dieckmann K.P. Real-time elastography and contrast-enhanced ultrasonography in the evaluation of testicular masses: a comparative prospective study // *Ultrasound Med. Biol.* 2016. V. 42. No. 8. P. 1807–1815. Doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.03.026.
5. Rocher L., Criton A., Gennisson J.L., Iazard 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.
6. Abdelwahab K., Eliwa A.M., Seleem M.M., El Galaly H., Ragab A., Desoky E.A., Naguib M., Ali M.M., Saber S., Kamel H. Role of preoperative testicular shear wave elastography in predicting improvement of semen parameters after varicoelectomy for male patients with primary infertility // *Urology.* 2017. V. 107. P. 103–106. Doi: 10.1016/j.urology.2017.04.026.
7. Wang Y., Feng Y., Yang X., Zhang L., Zhang T., Wang W. Clinical values of studying kidney elasticity with virtual touch quantification in gestational hypertension patients // *Med. Sci. Monit.* 2016. V. 7. P. 403–407.
8. Lee J., Oh Y.T., Joo D.J., Ma B.G., Lee A.L., Lee J.G., Song S.H., Kim S.U., Jung D.C., Chung Y.E., Kim Y.S. Acoustic radiation force impulse measurement in renal transplantation: a prospective, longitudinal study with protocol biopsies // *Medicine (Baltimore).* 2015. V. 94. No. 39. P. e1590. Doi: 10.1097/MD.0000000000001590.
9. Ucar A.K., Alis D., Samanci C., Aslan M., Habibi H.A., Dikici A.S., Namdar Y., Gultekin M.H., Onal B., Adaletli I. A preliminary study of shear wave elastography for the evaluation of unilateral palpable undescended testes // *Eur. J. Radiol.* 2017. V. 86. P. 248–251. Doi: 10.1016/j.ejrad.2016.11.026.
10. Bilgici M.C., Bekci T., Genç G., Tekcan D., Tomak L. Acoustic radiation force impulse quantification in the evaluation of renal parenchyma elasticity in pediatric patients with chronic kidney disease: preliminary results // *J. Ultrasound Med.* 2017. V. 36. No. 8. P. 1555–1561. Doi: 10.7863/ultra.16.08033.
11. Huang D.Y., Sidhu P.S. Focal testicular lesions: colour Doppler ultrasound, contrast-enhanced ultrasound and tissue elastography as adjuvants to the diagnosis // *Br. J. Radiol.* 2012. V. 85. Spec. No. 1. P. S41–S53. Doi: 10.1259/bjr/30029741.
12. 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.
13. Гогаева И.М., Рамонова Д.Р., Митькова М.Д., Брюховецкий Ю.А., Черешнева Ю.Н., Митьков В.В. Воспроизводимость эластографии сдвиговой волной при исследовании поверхностно расположенных органов (яички) // *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2016. № 6. С. 31–39.
14. 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.
15. Rocher L., Glas L., Bellin M.F., Ferlicot S., Iazard V., Benoit G., Albiges L., Fizazi K., Correas J.M. Burned-out testis tumors in asymptomatic infertile men: multiparametric sonography and MRI findings // *J. Ultrasound Med.* 2017. V. 36. No. 4. P. 821–831. Doi: 10.7863/ultra.15.08037.
16. Kantarci F., Cebi Olgun D., Mihmanli I. Shear-wave elastography of segmental infarction of the testis // *Korean J. Radiol.* 2012. V. 13. No. 6. P. 820–822. Doi: 10.3348/kjr.2012.13.6.820.
17. Cantisani V., Olive M., Di Segni M., Di Leo N., Grazdhan H., D'Ettoire G., Ceccarelli G., Fioravanti C., Ricci P. Contrast-enhanced ultrasonographic (CEUS) and elastosonographic features of a case of testicular Leydig tumor // *Ultraschall Med.* 2012. V. 33. No. 5. P. 407–409.
18. Lock G., Schroder C., Schmidt C., Anheuser P., Loning T., Dieckmann K.P. Contrast-enhanced ultrasound and real-time elastography for the diagnosis of benign Leydig cell tumors of the testis – a single center report on 13 cases // *Ultraschall Med.* 2014. V. 35. No. 6. P. 534–539. Doi: 10.1055/s-0034-1385038.
19. Patel K., Sellars M.E., Clarke J.L., Sidhu P.S. Features of testicular epidermoid cysts on contrast-enhanced sonography and real-time tissue elastography // *J. Ultrasound Med.* 2012. V. 31. No. 1. P. 5115–122.
20. Correas J.M., Drakonakis E., Isidori A.M., Helenon O., Pozza C., Cantisani V., Di Leo N.,

Maghella F., Rubini A., Drudi F.M., D'ambrosio F. Update on ultrasound elastography: miscellaneous. Prostate, testicle, musculo-skeletal // *Eur. J. Radiol.* 2013. V. 82. No. 11. P. 1904–1912. Doi: 10.1016/j.ejrad.2013.05.031.

21. Jedrzejewski G., Ben-Skowronek I., Wozniak M.M., Brodzisz A., Budzyska E., Wieczorek A.P. Testicular adrenal rest tumors in boys with congenital adrenal hyperplasia: 3D US and elastography – do we get more information for diagnosis and monitoring? // *J. Pediatr. Urol.* 2013. V. 9. P. 1032–1037. Doi: 10.1016/j.jpuro.2013.02.008.

22. Trottmann M., Marcon J., Mai V., D'Anastasi M., Becker A., Stief C., Reiser M., Clevert D.A. Characterization of splenogonadal fusion by contrast-enhanced ultrasound (CEUS) and elastography // *Ultraschall Med.* 2015. V. 36. No. 2. P. 97–100.

REFERENCES

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. Schroder C., Lock G., Schmidt C., Loning T., Dieckmann K.P. Real-time elastography and contrast-enhanced ultrasonography in the evaluation of testicular masses: a comparative prospective study // *Ultrasound Med. Biol.* 2016. V. 42. No. 8. P. 1807–1815. Doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.03.026.

5. Rocher L., Criton A., Gennisson J.L., Iazard 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.

6. Abdelwahab K., Eliwa A.M., Seleem M.M., El Galaly H., Ragab A., Desoky E.A., Naguib M., Ali M.M., Saber S., Kamel H. Role of preoperative testicular shear wave elastography in predicting improvement of semen parameters after varicoelectomy for male patients with primary infertility // *Urology.* 2017. V. 107. P. 103–106. Doi: 10.1016/j.urology.2017.04.026.

7. Wang Y., Feng Y., Yang X., Zhang L., Zhang T., Wang W. Clinical values of studying kidney elasticity with virtual touch quantification in gestational hypertension patients // *Med. Sci. Monit.* 2016. V. 7. P. 403–407.

8. Lee J., Oh Y.T., Joo D.J., Ma B.G., Lee A.L., Lee J.G., Song S.H., Kim S.U., Jung D.C., Chung Y.E., Kim Y.S. Acoustic radiation force impulse measurement in renal transplantation: a prospective, longitudinal study with protocol biopsies // *Medicine (Baltimore).* 2015. V. 94. No. 39. P. e1590. Doi: 10.1097/MD.0000000000001590.

9. Ucar A.K., Alis D., Samanci C., Aslan M., Habibi H.A., Dikici A.S., Namdar Y., Gultekin M.H., Onal B., Adaletli I. A preliminary study of shear wave elastography for the evaluation of unilateral palpable undescended testes // *Eur. J. Radiol.* 2017. V. 86. P. 248–251. Doi: 10.1016/j.ejrad.2016.11.026.

10. Bilgici M.C., Bekci T., Genc G., Tekcan D., Tomak L. Acoustic radiation force impulse quantification in the evaluation of renal parenchyma elasticity in pediatric patients with chronic kidney disease: preliminary results // *J. Ultrasound Med.* 2017. V. 36. No. 8. P. 1555–1561. Doi: 10.7863/ultra.16.08033.

11. Huang D.Y., Sidhu P.S. Focal testicular lesions: colour Doppler ultrasound, contrast-enhanced ultrasound and tissue elastography as adjuvants to the diagnosis // *Br. J. Radiol.* 2012. V. 85. Spec. No. 1. P. S41–S53. Doi: 10.1259/bjr/30029741.

12. 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.

13. Gogaeva I.M., Ramonova D.R., Mitkova M.D., Bryukhovetskiy Yu.A., Cheresheva Yu.N., Mitkov V.V. Reproducibility of shear wave elastography in testicular stiffness assessment // *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2016. No. 6. P. 31–39. (Article in Russian)

14. 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.

15. Rocher L., Glas L., Bellin M.F., Ferlicot S., Iazard V., Benoit G., Albiges L., Fizazi K., Correas J.M. Burned-out testis tumors in asymptomatic infertile men: multiparametric sonography and MRI findings // *J. Ultrasound Med.* 2017. V. 36. No. 4. P. 821–831. Doi: 10.7863/ultra.15.08037.

16. Kantarci F., Cebi Olgun D., Mihmanli I. Shear-wave elastography of segmental infarction of the

- testis // Korean J. Radiol. 2012. V. 13. No. 6. P. 820–822. Doi: 10.3348/kjr.2012.13.6.820.
17. Cantisani V., Olive M., Di Segni M., Di Leo N., Grazdani H., D'Ettore G., Ceccarelli G., Fioravanti C., Ricci P. Contrast-enhanced ultrasonographic (CEUS) and elastosonographic features of a case of testicular Leydig tumor // *Ultraschall Med.* 2012. V. 33. No. 5. P. 407–409.
 18. Lock G., Schroder C., Schmidt C., Anheuser P., Loening T., Dieckmann K.P. Contrast-enhanced ultrasound and real-time elastography for the diagnosis of benign Leydig cell tumors of the testis – a single center report on 13 cases // *Ultraschall Med.* 2014. V. 35. No. 6. P. 534–539. Doi: 10.1055/s-0034-1385038.
 19. Patel K., Sellars M.E., Clarke J.L., Sidhu P.S. Features of testicular epidermoid cysts on contrast-enhanced sonography and real-time tissue elastography // *J. Ultrasound Med.* 2012. V. 31. No. 1. P. 5115–122.
 20. Correas J.M., Drakonakis E., Isidori A.M., Helenon O., Pozza C., Cantisani V., Di Leo N., Maghella F., Rubini A., Drudi F.M., D'Ambrosio F. Update on ultrasound elastography: miscellanea. Prostate, testicle, musculo-skeletal // *Eur. J. Radiol.* 2013. V. 82. No. 11. P. 1904–1912. Doi: 10.1016/j.ejrad.2013.05.031.
 21. Jedrzejewski G., Ben-Skowronek I., Wozniak M.M., Brodzisz A., Budzyska E., Wieczorek A.P. Testicular adrenal rest tumors in boys with congenital adrenal hyperplasia: 3D US and elastography – do we get more information for diagnosis and monitoring? // *J. Pediatr. Urol.* 2013. V. 9. P. 1032–1037. Doi: 10.1016/j.jpuro.2013.02.008.
 22. Trottmann M., Marcon J., Mai V., D'Anastasi M., Becker A., Stief C., Reiser M., Clevert D.A. Characterization of splenogonadal fusion by contrast-enhanced ultrasound (CEUS) and elastography // *Ultraschall Med.* 2015. V. 36. No. 2. P. 97–100.

Testicular cancer elastographic characterization (seminomas and nonseminomatous germ cell tumors, technical aspects)

*V.V. Mitkov¹, I.M. Gogaeva², M.D. Mitkova¹, G.P. Kolesnikov³,
A.K. Vasileva⁴, A.V. Kadrev⁵, D.E. Shmarov²*

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. D.E. Shmarov – M.D., Department of Urology, Central Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow.

Ultrasound elastography was done to 31 patients (19–65 years old) with malignant testicular tumors. In all cases lesions were unilateral, and 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%)). All patients were divided into groups depending on the morphological type of tumors: 1) seminoma (n = 18) and nonseminomatous germ cell tumors (n = 12); 2) teratoma as a component of mixed germ cell tumor (n = 6) and other germ cell tumors (n = 25). Shear wave elastography was used after testes gray scale visualization (Aplio 500 (Toshiba, Japan) and Aixplorer (Supersonic Imagine, France) with linear probes 4–15 and 5–14 MHz respectively). Technical aspects: the difference between Young's modulus values measured in testicular tumors by using Aplio 500 (1) and Aixplorer (2) were nonsignificant (P = 0.95). Correlation between Young's modulus measured on two ultrasound systems was high (R_s = 0.86, P = 0.0137). The values of Young's modulus in testicular tumors were significantly higher in compare to echographically intact ipsilateral testicular parenchyma

($P = 0.0017$ for these comparisons on two ultrasound systems) and contralateral testicular parenchyma ($P = 0.0017$ for these comparisons on two ultrasound systems). There was no significant difference between Young's modulus values in two testes (echographically intact ipsilateral testicular parenchyma and middle segment of contralateral testis) ($P = 0.4057$ and $P = 0.8480$ for ultrasound systems 1 and 2, respectively). Morphological aspects (Aixplorer ultrasound system): Emean median in the group of seminoma ($n = 18$) was 110.3 kPa, 25–75th percentiles – 77.6–159.0 kPa, 5–95th percentiles – 16.5–222.1 kPa, minimum – maximum values – 15.3–241.4 kPa; in the group of nonseminomatous germ cell tumors ($n = 12$) – 109.9 kPa, 83.0–129.0 kPa, 55.5–156.8 kPa, 54.2–157.8 kPa ($P = 0.9325$). Nonsignificant difference was also identified when comparing mixed germ cell tumors with teratoma and other tumors ($P = 0.5823$). Significant difference in values of stiffness (elasticity) indexes (stiffness ratio 1 – ratio of Emean values in the stiffest tumor areas and echographically intact ipsilateral testicular parenchyma, stiffness ratio 2 – ratio of Emean values in the stiffest tumor areas and contralateral testicular parenchyma, stiffness ratio 3 (intratumoral stiffness ratio) – ratio between the maximum and minimum stiffness inside the tumor) in patients with seminoma and nonseminomatous germ cell tumors was also not found.

Key words: multiparametric ultrasound, ultrasound elastography, shear wave elastography, stiffness, Young's modulus, shear wave velocity, testicular cancer, seminoma, nonseminomatous germ cell tumors.

Citation: Mitkov V.V., Gogaeva I.M., Mitkova M.D., Kolesnikov G.P., Vasileva A.K., Kadrev A.V., Shmarov D.E. Testicular cancer elastographic characterization (seminomas and nonseminomatous germ cell tumors, technical aspects) // *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2017. No. 5. P. 25–39. (Article in Russian)