

DOI: 10.24835/1607-0771-2019-1-17-29

Прицельная эластометрия (эластография сдвиговой волной) в диагностике рака предстательной железы (предварительные результаты)

А.В. Кадрев^{1,2}, М.Д. Митькова², Д.М. Камалов¹,
Н.В. Данилова¹, А.А. Камалов¹, В.В. Митьков²

¹ ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, обособленное подразделение Медицинский научно-образовательный центр Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва

² ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

В исследование было включено 96 пациентов с подозрением на рак предстательной железы. Всем пациентам выполнялось мультипараметрическое трансректальное ультразвуковое исследование предстательной железы и семенных пузырьков на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с помощью высокочастотного внутривостного датчика, работающего в диапазоне частот 3–12 МГц. Предстательная железа была разделена на 12 секторов для ультразвуковой оценки (серо-

школьная эхография, энергетическое допплеровское картирование, эластография сдвиговой волной) и последующей системной биопсии предстательной железы (каждый из сектантов основания, средней части и верхушки железы справа и слева подразделялся на латеральный и медиальный субрегионы – итого 12 секторов). В случаях выявления очаговых изменений, подозрительных на злокачественность, в дополнение к системной биопсии проводили прицельную биопсию. Для статистического

А.В. Кадрев – к.м.н., заведующий отделением ультразвуковой диагностики Медицинского научно-образовательного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; ассистент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Министерства здравоохранения 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. Д.М. Камалов – к.м.н., врач-уролог Медицинского научно-образовательного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва. Н.В. Данилова – к.м.н., старший научный сотрудник отдела клинической патологии Медицинского научно-образовательного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва. А.А. Камалов – д.м.н., профессор, академик РАН, директор Медицинского научно-образовательного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва. 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.

Контактная информация: 119192 г. Москва, Ломоносовский проспект, д. 27, к. 10, Медицинский научно-образовательный центр Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, отделение ультразвуковой диагностики. Кадрев Алексей Викторович. Тел.: +7 (495) 531-27-83. E-mail: akadrev@yandex.ru

анализа использовали следующие показатели модуля Юнга: среднее арифметическое из трех Emean, измеренных в каждом секторе (aveEmean) (1), и максимальное из трех Emean, измеренных в каждом секторе (maxEmean) (2). При выявлении очаговых изменений при эластографии сдвиговой волной был применен аналогичный подход. Для последующего анализа значения aveEmean и maxEmean привязывали к конкретным биопсийным пробам (раздельная маркировка биоптатов) с последующей морфологической верификацией. Было проанализировано 1308 биоптатов. По результатам морфологического исследования рак предстательной железы был выявлен в 275 образцах (основная группа). Остальные образцы составили группу сравнения ($n=1033$). Значения aveEmean и maxEmean в основной группе и группе сравнения достоверно различаются при $P < 0,0001$. При проведении корреляционного анализа в основной группе выявлены заметные достоверные корреляции суммы Глисона, с одной стороны, и aveEmean ($r_s = 0,558, P < 0,0001$), maxEmean ($r_s = 0,548, P < 0,0001$) – с другой. Чувствительность диагностического теста “aveEmean $> 35,4$ кПа – рак предстательной железы” ($n = 1308$) равна 85,1%, специфичность – 85,8%, AUC – 0,908. Чувствительность диагностического теста “maxEmean $> 37,9$ кПа – рак пред-

стательной железы” ($n = 1308$) равна 88,4%, специфичность – 80,4%, AUC – 0,912. Чувствительность прогностического теста “aveEmean $> 59,2$ кПа – рак предстательной железы” ($n = 275$) (прогнозирование морфологически значимого рака предстательной железы) равна 76,8%, специфичность – 77,7%, AUC – 0,807. Чувствительность прогностического теста “maxEmean $> 62,7$ кПа – рак предстательной железы” ($n = 275$) (прогнозирование морфологически значимого рака предстательной железы) равна 79,3%, специфичность – 71,5%, AUC – 0,802. Эластография сдвиговой волной показывает большую информативность в диагностике рака предстательной железы, меньшую – в прогнозировании морфологической значимости (ISUP grade ≥ 3).

Ключевые слова: ультразвуковая эластография сдвиговой волной, жесткость, модуль Юнга, предстательная железа, рак предстательной железы.

Цитирование: Кадрев А.В., Митъкова М.Д., Камалов Д.М., Данилова Н.В., Камалов А.А., Митъков В.В. Прицельная эластометрия (эластография сдвиговой волной) в диагностике рака предстательной железы (предварительные результаты) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2019. № 1. С. 17–29.

DOI: 10.24835/1607-0771-2019-1-17-29.

ВВЕДЕНИЕ

Рак предстательной железы занимает 2-е место в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения России с удельным весом 14,5% (по данным 2017 г.). В 2017 г. в России было выявлено 40 785 новых случаев рака предстательной железы. При среднегодовом темпе прироста 5,09% прирост заболеваемости с 2007 по 2017 г. составил 70,61%. По сравнению с 2007 г. в 2017 г. на фоне снижения общего стандартизованного показателя смертности от всех злокачественных новообразований на 12,68% показатель смертности от злокачественных опухолей предстательной железы возрастает (отмечен рост на 13,85%) [1]. Таким обра-

зом, в настоящее время рак предстательной железы является одной из наиболее актуальных проблем в онкологии. Выявление локализованного рака предстательной железы на ранних стадиях может способствовать своевременному и адекватному выбору метода лечения и увеличению продолжительности жизни больных.

В последние годы для первичной диагностики используются различные методы диагностики рака предстательной железы, включая пальцевое ректальное исследование, определение уровня простатспецифического антигена (ПСА) в сыворотке крови, трансректальное ультразвуковое исследование (ТРУЗИ) и системную биопсию под контролем ТРУЗИ. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки.

Результаты пальцевого ректального исследования зависят от опыта врача, выявление маленьких и глубоко расположенных очагов этим методом затруднено. В систематическом обзоре с метаанализом пальцевое исследование в целом имело низкую эффективность для скрининга рака предстательной железы [2]. Некоторые данные свидетельствуют о том, что использование данного метода в качестве скрининга не может значительно снизить смертность, но может привести к большому количеству ложно-положительных результатов [3]. Специфичность сывороточного теста на определение уровня ПСА является низкой [4]. Чувствительность и специфичность серошкального ТРУЗИ ограничены диапазонами 17–85% и 18–63% соответственно [5–7]. Системная мультифокальная биопсия под контролем ТРУЗИ инвазивна и может сопровождаться осложнениями. При этом отмечаются значительное количество ненужных биопсий у пациентов с отсутствием рака предстательной железы или клинически незначимым раком и высокий уровень ложно-отрицательных результатов [8, 9].

В настоящее время обсуждается все более возрастающая роль мультипараметрической магнитно-резонансной томографии (МРТ) в первичной диагностике рака предстательной железы. Подозрительные участки, выявленные с помощью мультипараметрической МРТ, возможно прицельно пунктировать, используя три методики: когнитивное наведение, МР-ТРУЗИ-фьюжен и биопсию под контролем МРТ [10]. В настоящее время обсуждается подход, при котором системная биопсия под контролем ТРУЗИ может быть заменена прицельной из участков, подозрительных на рак предстательной железы при мультипараметрической МРТ [11]. Хотя ранее такой подход использовался только при повторных биопсиях предстательной железы у пациентов с негативными результатами предыдущей биопсии [12]. Однако имеются ограничения метода, связанные с клаустрофобией, наличием водителя ритма, высокой стоимостью исследования и зависимостью результатов от качества подготовки специалистов [13].

Как известно, для повышения точности диагностики рака предстательной железы системная биопсия может быть расширена прицельной биопсией из подозрительных

на рак предстательной железы участков, визуализируемых при ТРУЗИ [14]. Это требует уточнения роли таких методов, как ультразвуковая эластография и ТРУЗИ с контрастным усилением.

Ткани организма, пораженные злокачественной опухолью, имеют тенденцию быть более жесткими по сравнению с доброкачественными тканями. Это отражает изменение клеточной плотности из-за нерегулируемой пролиферации злокачественных клеток [15]. Такие анатомические изменения могут быть выявлены с использованием ультразвуковой эластографии (компрессионной и эластографии сдвиговой волной). Преимуществом эластографии сдвиговой волной является возможность количественной оценки жесткости тканей (скорость сдвиговой волны, модуль Юнга), тогда как компрессионная эластография позволяет проводить расчет только относительных величин. Другие преимущества эластографии сдвиговой волной – хорошая воспроизводимость и меньшая зависимость от исследователя. Результаты многих работ показали возможности диагностики злокачественных изменений предстательной железы с помощью эластографии сдвиговой волной [16–20]. В недавно опубликованном метаанализе [21] было показано, что эластография является многообещающей методикой в раннем выявлении РПЖ и может быть рассмотрена как ценное дополнение к системной биопсии. Однако существует большой разброс пороговых значений, который ограничивает ценность метода. К таким результатам привели различный дизайн исследования (проспективное или ретроспективное), различные подходы к методике измерения жесткости. Часть авторов анализировали только участки наибольшей жесткости в периферической зоне [16, 17, 19], в то время как другие исследователи включали в один анализ измерение жесткости очагов периферической и транзиторной зон предстательной железы [22, 23].

Цель исследования – уточнение информативности ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы у пациентов с подозрением на рак предстательной железы с учетом данных прицельной эластометрии в пункционных образцах расширенной системной биопсии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данная работа была выполнена в период с января 2017 по ноябрь 2018 г. на базе Медицинского научно-образовательного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва). В исследование было включено 96 пациентов с подозрением на рак предстательной железы. Критериями включения были: повышенный уровень общего ПСА сыворотки крови, подозрительные результаты пальцевого ректального исследования и (или) подозрительные результаты ТРУЗИ. Включение пациентов в исследование проводилось после подписания информированного согласия. Характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Всем пациентам выполнялось мультипараметрическое ТРУЗИ предстательной железы и семенных пузырьков на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с помощью высокочастотного внутриволостного датчика, работающего в диапазоне частот 3–12 МГц. Сначала проводилось стандартное ТРУЗИ предстательной железы и семенных пузырьков с использованием серошкального режима и режима энергетического допплеровского картирования. Затем подключался режим эластографии сдвиговой волной, который позволял количественно оценивать жесткость периферической зоны предстательной железы.

Предстательная железа была разделена на 12 секторов для ультразвуковой оценки (серошкальная эхография, энергетическое допплеровское картирование, эластография сдвиговой волной) и последующей системной биопсии предстательной железы (каждый из сектантов основания, средней части и верхушки железы справа и слева

подразделялся на латеральный и медиальный субрегионы – итого 12 секторов).

Эластография сдвиговой волной осуществлялась при поперечном сканировании органа при минимальном давлении датчиком. Цветовое эластографическое окно покрывало половину железы в поперечной плоскости, каждая сторона периферической зоны предстательной железы сканировалась отдельно от основания до верхушки органа. Для стабилизации изображения выполнялись остановки в движении датчика длительностью не менее 4 с (согласно рекомендации производителя). В результате в каждой из плоскостей исследования формировалась цветовая карта предстательной железы со стандартной маркировкой: синий цвет соответствовал наиболее эластичным тканям, красный – наиболее жестким.

Оценка цифровых значений жесткости (модуль Юнга, кПа) проводилась в зонах интереса (*Q-Box*). Непосредственно перед проведением пункционной биопсии размещение зон интереса в периферической зоне предстательной железы проводилось таким образом, чтобы в каждом из 12 секторов размещалось 3 *Q-Box*, покрывающих всю площадь сектора. Соблюдались следующие условия: адекватное расположение зоны фокусировки, режим пенетрации, размещение зон интереса в центральной части цветового окна, шкала жесткости 70 кПа. Для всех измерений использовались зоны интереса округлой формы, диаметр зон интереса в каждом случае адаптировался для покрытия всей периферической зоны (3–7 мм) на основе изображения в В-режиме. В каждой зоне интереса автоматически определялись следующие статистические характеристики модуля Юнга (E): среднее

Таблица 1. Характеристика пациентов (n = 96)

Параметры	Медиана	$M \pm \sigma$	25–75-й процентиля	2,5–97,5-й процентиля	Минимальное – максимальное значения
Возраст, годы	67,0	$66,6 \pm 8,5$	61,0–71,0	48,9–82,0	46,0–88,0
Уровень общего ПСА сыворотки крови, нг/мл	7,6	$12,6 \pm 20,7$	5,4–12,3	1,4–47,5	1,1–176,0
Объем предстательной железы, см^3	54,7	$66,9 \pm 45,2$	37,5–77,3	22,8–192,8	16,8–276,0

значение (Emean), максимальное значение (Emax), минимальное значение (Emin) и стандартное отклонение (SD). Для статистического анализа использовали среднее арифметическое из трех Emean, измеренных в каждом секторе (aveEmean) (1), и максимальное из трех Emean, измеренных в каждом секторе (maxEmean) (2).

При выявлении очагов, подозрительных на рак предстательной железы по данным серошкольного режима и режима энергетического допплеровского картирования, отдельно оценивалась их жесткость путем размещения *Q-Box* размером 5 мм в самой жесткой части. В каждом очаге производилось трехкратное измерение Emean. Для статистического анализа использовали среднее арифметическое из трех Emean, измеренных в каждом очаге (aveEmean) (1), и максимальное из трех Emean, измеренных в каждом очаге (maxEmean) (2). При идентификации по данным эластографии более жестких областей, чем фоновая предстательная железа, но имеющих отрицательные результаты в В-режиме и режиме энергетического допплеровского картирования, был применен аналогичный подход. Жесткими считали очаги, модуль Юнга которых был более 35 кПа [24], которые легко идентифицировались при использовании шкалы жесткости 70 кПа.

Всем пациентам выполнялась трансrectальная мультифокальная системная пункционная биопсия предстательной железы из 12 точек под контролем ультразвукового исследования с использованием биопсийного пистолета Bard Magnum и игл 18G в соответствии с ранее выполненным разделением на секторы. В случаях выявления по данным серошкольного режима, энергетического допплеровского картирования и эластографии сдвиговой волной очаговых изменений, подозрительных на злокачественность, в дополнение к системной биопсии проводили прицельную биопсию из данных очагов (рис. 1). Ультразвуковыми критериями, на основании которых проводилась прицельная биопсия, считались: гипоэхогенные очаги периферической зоны (серошкольный режим); зоны локального усиления кровотока с возможной деформацией сосудистого рисунка (энергетическое допплеровское картирование); жесткие очаги (эластография сдвиговой волной).

Для последующего анализа значения aveEmean и maxEmean привязывали к конкретным биопсийным пробам (раздельная маркировка биоптатов) с последующей морфологической верификацией.

Гистологическое исследование проводилась по стандартной методике. Образцы фиксировались в 4%-м нейтральном забуференном формалине в течение 48 ч, после чего погружались в парафин. Затем проводились окрашивание гематоксилином и эозином и изучение срезов под микроскопом. При выявлении рака предстательной железы в каждом образце определялась сумма Глисона.

Полученные результаты обрабатывались стандартными статистическими методами с использованием программы *MedCalc*, рекомендованной для медико-биологических исследований. Количественные параметры представлены в виде $M \pm \sigma$, медианы (50-й процентиль), 25–75-го процентилей (интерквартильный размах), 2,5–97,5-го процентилей (95% значений), а также минимального и максимального значений. Для сравнения значений модуля Юнга в двух группах использовали критерий Манна–Уитни. При проведении корреляционного анализа вычисляли ранговый коэффициент корреляции Спирмена (r_s) с оценкой степени корреляции по шкале Чеддока (*Chaddock scale*). Слабой корреляции соответствовали значения r_s 0,100–0,300, умеренной – 0,300–0,500, заметной – 0,500–0,700, высокой – 0,700–0,900, весьма высокой – 0,900–1,000. Результаты статистического анализа считали значимыми при $P \leq 0,05$.

В процессе работы проводилась ретроспективная оценка эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы. Выборки выделялись на основании результирующего фактора – результаты морфологического исследования, в выборках анализировался исходный фактор – значения модуля Юнга. Был использован стандартный ROC-анализ. Представлены следующие показатели информативности: площадь под кривой (ПпК) (*area under curve (AUC)*), чувствительность, специфичность, отношение правдоподобия положительного и отрицательного теста.

Анализ информативности ультразвуковой эластографии сдвиговой волной прово-

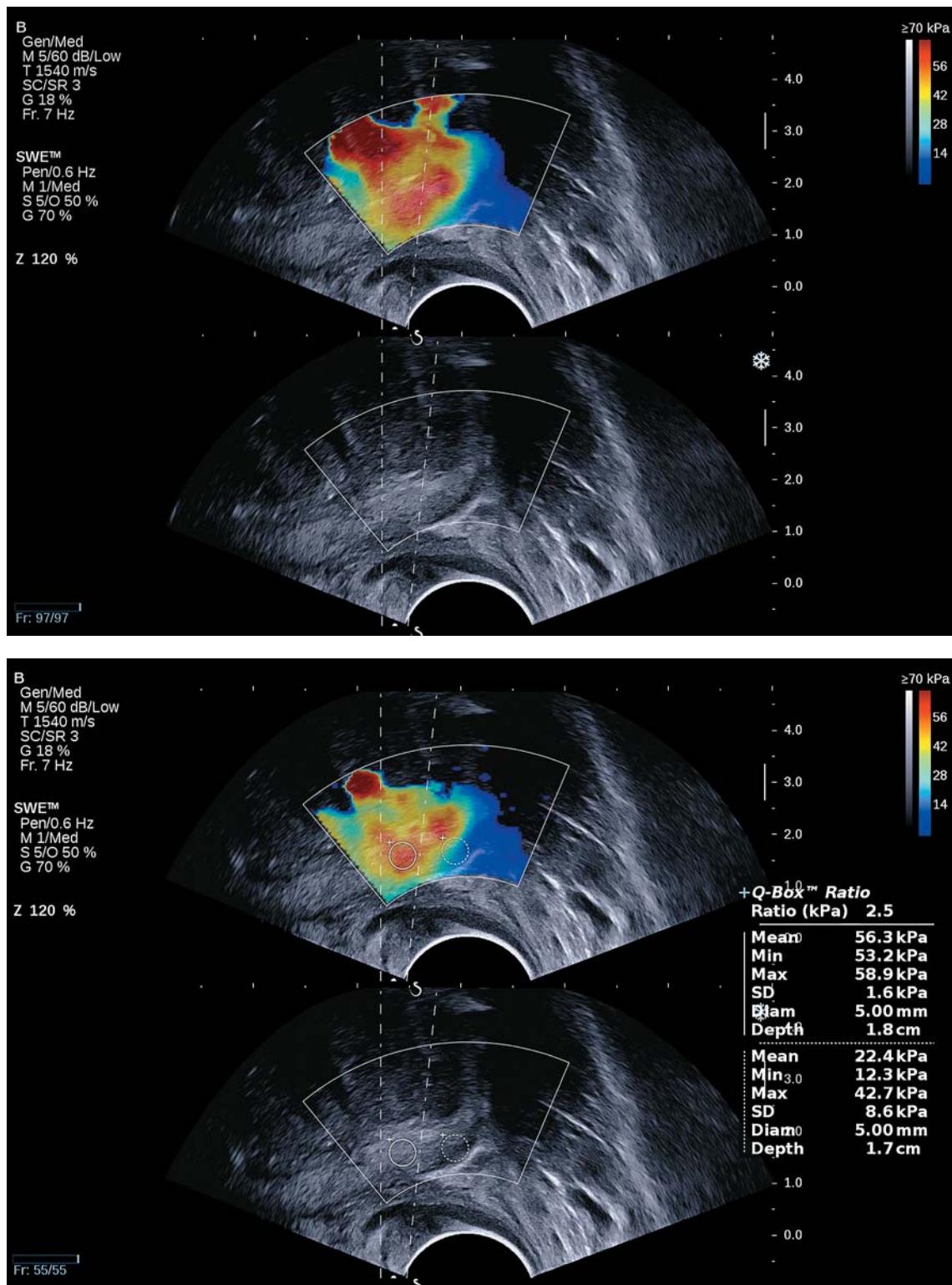


Рис. 1. Прицельная биопсия участка повышенной жесткости в периферической зоне предстательной железы.

Таблица 2. Значения модуля Юнга (кПа) в обеих группах (n = 1308)

Параметры	Медиана	M ± σ	25–75-й процентили	2,5–97,5-й процентили	Минимальное – максимальное значения
Основная группа (n = 275)	53,1*	58,6 ± 27,2	40,1–70,6	20,5–136,4	12,4–160,4
		59,6*	44,6–77,6	22,9–149,1	12,9–168,6
Группа сравнения (n = 1033)	24,5	26,4 ± 10,3	19,1–31,6	11,9–54,5	9,0–79,0
		29,0	30,1 ± 10,8	22,2–35,8	13,6–55,8

Примечание: * – достоверность различий при сравнении соответствующих параметров между группами при $P < 0,0001$.

дился по биоптатам. Было проанализировано 1308 биоптатов. Среднее количество биоптатов, полученных у одного пациента, составило 13,6 (с учетом проведения системной биопсии, дополненной прицельной биопсией по данным мультипараметрического ультразвукового исследования).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам морфологического исследования рак предстательной железы был выявлен в 275 (21,0%) образцах (основная группа). Распределение биоптатов в соответствии со значениями суммы Глисона было следующим: с суммой Глисона 6 – 115 (41,8%), с суммой Глисона 7 (3 + 4) – 78 (28,4%), с суммой Глисона 7 (4 + 3) – 28 (10,2%), с суммой Глисона 8–51 (18,5%), с суммой Глисона 9 – 3 (1,1%). Таким образом, биоптатов с суммой Глисона 7 (3 + 4) и менее было 193 (70,2%), биоптатов с суммой Глисона 7 (4 + 3) и более – 82 (29,8%).

Диагноз “рак предстательной железы” при морфологическом исследовании не был подтвержден в 1033 (79,0%) образцах (группа сравнения). Из 1033 биоптатов престатическая интраэпителиальная неоплазия высокой степени была зарегистрирована в 52 (5,0%) случаях, атипическая мелкоацинарная пролиферация – в 8 (0,8%).

Результаты прицельной оценки жесткости предстательной железы в обеих группах представлены в табл. 2. При сравнении значений модуля Юнга между группами получены достоверные различия для обоих показателей (aveEmean и maxEmean) при $P < 0,0001$.

При проведении корреляционного анализа в основной группе выявлены заметные достоверные корреляции суммы Глисона, с одной стороны, и aveEmean ($r_s = 0,558$, $P < 0,0001$), maxEmean ($r_s = 0,548$, $P < 0,0001$) – с другой. Это совпадает с данными, опубликованными ранее [17, 19, 25].

Результаты оценки информативности эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы, основанной на анализе биоптатов (n = 1308), представлены в табл. 3 и на рис. 2 и 3. ROC-анализ проводился без учета данных серошкольного режима и энергетического допплеровского картирования.

Как было отмечено выше, при делении биоптатов основной группы (n = 275) по морфологической прогностической значимости (на основании морфологических прогностических групп, принятых на согласительной конференции Международного общества уропатологов (*International Society of Urological Pathology (ISUP)*) (*ISUP grade*) [26], получено 193 (70,2%) биоптата с суммой Глисона 7 (3 + 4) и менее и 82 (29,8%) биоптата с суммой Глисона 7 (4 + 3) и более. Результаты оценки информативности эластографии сдвиговой волной в прогнозировании морфологически значимого рака предстательной железы представлены в табл. 4 и на рис. 4 и 5. ROC-анализ проводился без учета данных серошкольного режима и энергетического допплеровского картирования.

Как видно из полученных данных, показатели информативности эластографии сдвиговой волной в прогнозировании морфологической значимости рака (анализ биоптатов) несколько ниже показателей ин-

Таблица 3. Показатели информативности (%) эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы (n = 1308)

Показатели информативности	aveEmean > 35,4 кПа	maxEmean > 37,9 кПа
Чувствительность, %	85,1	88,4
Специфичность, %	85,8	80,4
ОППТ	5,98	4,50
ОПОТ	0,17	0,14
ПпК (AUC)	0,908	0,912

Примечание: ОППТ – отношение правдоподобия положительного теста, ОПОТ – отношение правдоподобия отрицательного теста.

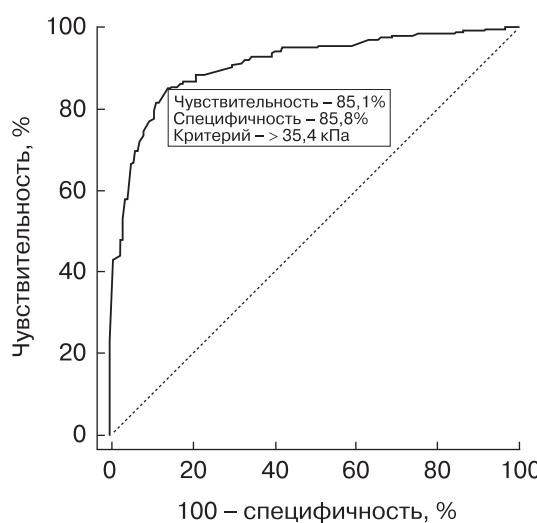


Рис. 2. ROC-кривая диагностического теста “aveEmean > 35,4 кПа – рак предстательной железы” (n = 1308).

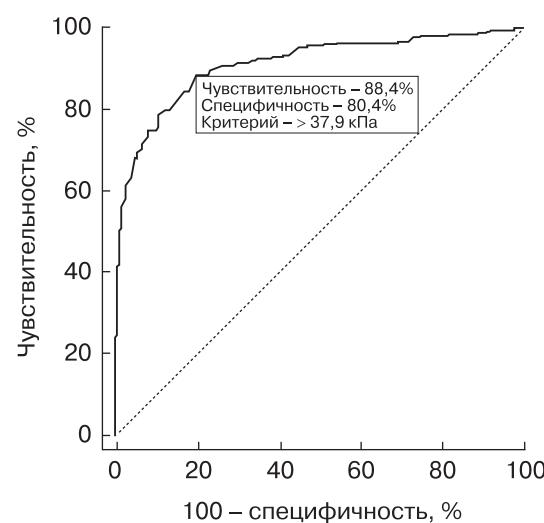


Рис. 3. ROC-кривая диагностического теста “maxEmean > 37,9 кПа – рак предстательной железы” (n = 1308).

формативности эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы. Возможно, это связано с меньшим количеством биоптатов с морфологически значимой суммой Глисона.

K. Boehm et al. (2015) [23] при оценке информативности эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы, основанной на анализе участков, морфологически верифицированных после радикальной простатэктомии (n = 703), продемонстрировали чувствительность 80,9% и специфичность 69,1% при пороговом значении 50 кПа.

M. Porsch et al. (2015) [27] получили отличные от наших результаты. При оценке информативности эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы ПпК (AUC) была ниже, чем при прогнозировании клинической значимости

(сумма Глисона более 6) рака предстательной железы (0,604 против 0,828). Анализ был основан на оценке биоптатов (n = 794). Пороговое значение для диагностики рака предстательной железы – 48 кПа, для прогнозирования суммы Глисона более 6 – 80 кПа (чувствительность последнего порогового значения 80%, специфичность – 76%) [27].

В исследовании O. Rouviere et al. (2017) [28] представлена различная информативность эластографии сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы в зависимости от расположения очага (периферическая или транзиторные зоны). Верификация осуществлялась после радикальной простатэктомии. Для периферической зоны чувствительность составила 53%, специфичность – 89% при пороговом значении 45 кПа [28].

Таблица 4. Показатели информативности (%) эластографии сдвиговой волной в прогнозировании морфологической значимости рака предстательной железы (n = 275)

Показатели информативности	aveEmean > 59,2 кПа	maxEmean > 62,7 кПа
Чувствительность, %	76,8	79,3
Специфичность, %	77,7	71,5
ОППТ	3,45	2,78
ОПОТ	0,30	0,29
ПпК (AUC)	0,807	0,802

Обозначения как в табл. 3.

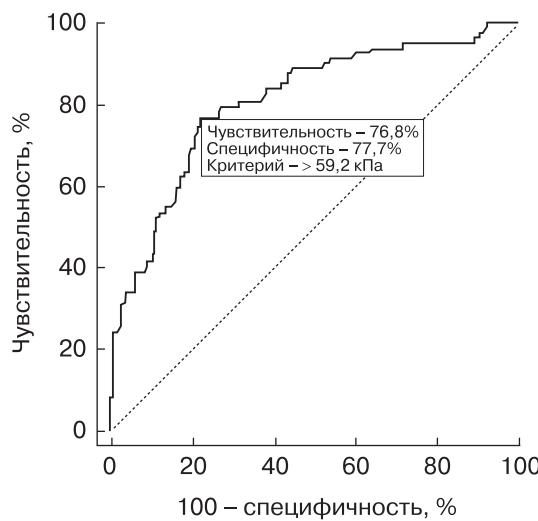


Рис. 4. ROC-кривая прогностического теста “aveEmean > 59,2 кПа – морфологически значимый рак предстательной железы” (n = 275).

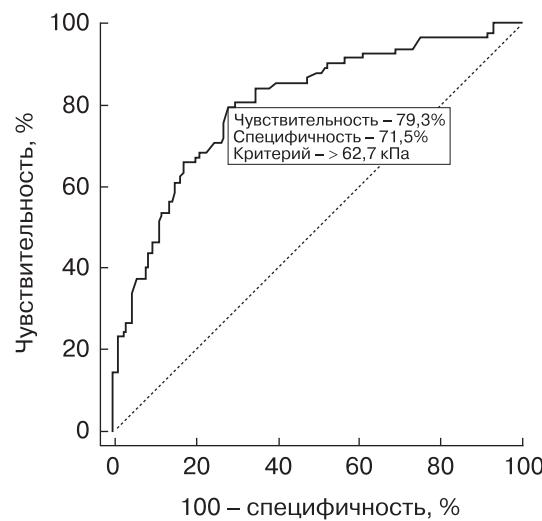


Рис. 5. ROC-кривая прогностического теста “maxEmean > 62,7 кПа – морфологически значимый рак предстательной железы” (n = 275).

Как уже было отмечено выше, пороговое значение, которое дано в Рекомендациях WFUMB для диагностики рака предстательной железы (выбор зон для прицельной функциональной биопсии), составляет 35 кПа [24]. Представленные выше результаты исследований, характеризующихся различным дизайном [23, 27, 28], продемонстрировали достаточно широкий разброс пороговых значений. В нашем исследовании пороговые значения предложенных параметров составили 35,4 и 37,9 кПа (ПпК (AUC) – 0,908 и 0,912) и оказались наиболее близки к рекомендованным. Меньшей, но достаточно неплохой информативностью эластография сдвиговой волной обладала и в прогнозировании морфологической значимости (ISUP grade ≥ 3) рака предстательной железы (ПпК (AUC) – 0,807 и 0,802 кПа).

ВЫВОДЫ

1) Значения aveEmean и maxEmean в основной группе (n = 275) и группе сравнения (n = 1033) достоверно различаются при $P < 0,0001$.

2) При проведении корреляционного анализа в основной группе выявлены заметные достоверные корреляции суммы Глисона, с одной стороны, и aveEmean ($r_s = 0,558$, $P < 0,0001$), maxEmean ($r_s = 0,548$, $P < 0,0001$) – с другой.

3) Чувствительность диагностического теста “aveEmean > 35,4 кПа – рак предстательной железы” (n = 1308) равна 85,1%, специфичность – 85,8%, ПпК (AUC) – 0,908.

4) Чувствительность диагностического теста “maxEmean > 37,9 кПа – рак предстательной железы” (n = 1308) равна 88,4%, специфичность – 80,4%, ПпК (AUC) – 0,912.

5) Чувствительность прогностического теста “aveEmean > 59,2 кПа – рак предстательной железы” (n = 275) (прогнозирование морфологически значимого рака предстательной железы) равна 76,8%, специфичность – 77,7%, ПпК (AUC) – 0,807.

6) Чувствительность прогностического теста “maxEmean > 62,7 кПа – рак предстательной железы” (n = 275) (прогнозирование морфологически значимого рака предстательной железы) равна 79,3%, специфичность – 71,5%, ПпК (AUC) – 0,802.

7) Эластография сдвиговой волной показывает большую информативность в диагностике рака предстательной железы, меньшую – в прогнозировании морфологической значимости (ISUP grade ≥ 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, 2018. 250 с.
2. Naji L., Randhawa H., Sohani Z., Dennis B., Lautenbach D., Kavanagh O., Bawor M., Banfield L., Profetto J. Digital rectal examination for prostate cancer screening in primary care: a systematic review and meta-analysis // Ann. Fam. Med. 2018. V. 16. No. 2. P. 149–154. Doi: 10.1370/afm.2205.
3. Cui T., Kovell R.C., Terlecki R.P. Is it time to abandon the digital rectal examination? Lessons from the PLCO cancer screening trial and peer-reviewed literature // Curr. Med. Res. Opin. 2016. V. 32. No. 10. P. 1663–1669. Doi: 10.1080/03007995.2016.1198312.
4. US Preventive Services Task Force, Grossman D.C., Curry S.J., Owens D.K., Bibbins-Domingo K., Caughey A.B., Davidson K.W., Doubeni C.A., Ebell M., Epling J.W. Jr., Kemper A.R., Krist A.H., Kubik M., Landefeld C.S., Mangione C.M., Silverstein M., Simon M.A., Siu A.L., Tseng C.W. Screening for prostate cancer US Preventive Services Task Force recommendation statement // JAMA. 2018. V. 319. No. 18. P. 1901–1913. Doi: 10.1001/jama.2018.3710.
5. Seitz M., Scher B., Scherr M., Tilki D., Schlenker B., Gratzke C., Schipf A., Stanislaus P., Muller-Lisse U., Reich O., Stief C. Imaging procedures to diagnose prostate cancer // Urologe A. 2007. V. 46. No. 10. P. 1435–1446. Doi: 10.1007/s00120-007-1455-x.
6. Rifkin M.D., Zerhouni E.A., Gatsonis C.A., Quint L.E., Paushter D.M., Epstein J.I., Hamper U., Walsh P.C., McNeil B.J. Comparison of magnetic resonance imaging and ultrasonography in staging early prostate cancer. Results of a multi-institutional cooperative trial // N. Engl. J. Med. 1990. V. 323. No. 10. P. 621–626. Doi: 10.1056/NEJM199009063231001.
7. Beerlage H.P., Aarnink R.G., Ruijter E.T., Witjes J.A., Wijkstra H., Van De Kaa C.A., Debruyne F.M., De La Rosette J.J. Correlation of transrectal ultrasound, computer analysis of transrectal ultrasound and histopathology of radical prostatectomy specimen // Prostate Cancer Prostatic Dis. 2001. V. 4. No. 1. P. 56–62. Doi: 10.1038/sj.pcan.4500495.
8. Loeb S., Vellekoop A., Ahmed H.U., Catto J., Emberton M., Nam R., Rosario D.J., Scattoni V., Lotan Y. Systematic review of complications of prostate biopsy // Eur. Urol. 2013. V. 64. No. 6. P. 876–892. Doi: 10.1016/j.eururo.2013.05.049.
9. Abraham N.E., Mendhiratta N., Taneja S.S. Patterns of repeat prostate biopsy in contemporary clinical practice // J. Urol. 2015. V. 193. No. 4. P. 1178–1184. Doi: 10.1016/j.juro.2014.10.084.
10. Wegelin O., van Melick H.H.E., Hooft L., Bosch J.L.H.R., Reitsma H.B., Barentsz J.O., Somford D.M. Comparing three different techniques for magnetic resonance imaging-targeted prostate biopsies: a systematic review of In-bore versus magnetic resonance imaging-transrectal ultrasound fusion versus cognitive registration. Is there a preferred technique? // Eur. Urol. 2017. V. 71. No. 4. P. 517–531. Doi: 10.1016/j.eururo.2016.07.041.
11. Schoots I.G., Rouvière O. MRI and MRI-targeted biopsy take precedence over systematic biopsy in primary prostate cancer diagnosis // BMJ Evid. Based Med. 2018. Doi: 10.1136/bmjebm-2018-111081.
12. Van Hove A., Savoie P.H., Maurin C., Brunelle S., Gravis G., Salem N., Walz J. Comparison of image-guided targeted biopsies versus systematic randomized biopsies in the detection of prostate cancer: a systematic literature review of well-designed studies // World J. Urol. 2014. V. 32. No. 4. P. 847–858. Doi: 10.1007/s00345-014-1332-3.
13. Walz J. The “PROMIS” of magnetic resonance imaging cost effectiveness in prostate cancer diagnosis? // Eur. Urol. 2018. V. 73. No. 1. P. 31–32. Doi: 10.1016/j.eururo.2017.09.015.
14. Урология. Российские клинические рекомендации / Под ред. Ю.Г. Алляева, П.В. Глыбочки, Д.Ю. Пушкаря. М.: Медфорум, 2017. 544 с.
15. Krouskop T.A., Wheeler T.M., Kallel F., Garra B.S., Hall T. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression // Ultrason. Imaging. 1998. V. 20. No. 4. P. 260–274. Doi: 10.1177/016173469802000403.
16. Barr R.G., Memo R., Schaub C.R. Shear wave ultrasound elastography of the prostate: initial results // Ultrasound Q. 2012. V. 28. No. 1. P. 13–20. Doi: 10.1097/RUQ.0b013e318249f594.
17. Митьков В.В., Васильева А.К., Митькова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волны у больных с подозрением на рак предстательной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2012. № 5. С. 18–29.
18. Woo S., Kim S.Y., Cho J.Y., Kim S.H. Shear wave elastography for detection of prostate cancer: a pre-

- liminary study // Korean J. Radiol. 2014. V. 15. No. 3. P. 346–355. Doi:10.3348/kjr.2014.15.3.346.
19. Correas J.M., Tissier A.M., Khairoune A., Vassiliu V., Mejean A., Hellenon O., Memo R., Barr R.G. Prostate cancer: diagnostic performance of real-time shear-wave elastography // Radiology. 2015. V. 275. No. 1. P. 280–289. Doi: 10.1148/radiol.14140567.
20. Амосов А.В., Крупинов Г.Е., Лернер Ю.В., Семеняев Р.И., Лумпов И.С., Митькова М.Д., Митьков В.В. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в диагностике рака предстательной железы (ретроспективное исследование) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2016. № 4. С. 10–17.
21. Woo S., Suh G.H., Kim S.Y., Cho J.Y., Kim S.H. Shear-wave elastography for detection of prostate cancer: a systematic review and diagnostic meta-analysis // Am. J. Roentgenol. 2017. V. 209. No. 4. P. 806–814. Doi: 10.2214/AJR.17.18056.
22. Ahmad S., Cao R., Varghese T., Bidaut L., Nabi G. Transrectal quantitative shear wave elastography in the detection and characterisation of prostate cancer // Surg. Endosc. 2013. V. 27. No. 9. P. 3280–3287. Doi: 10.1007/s00464-013-2906-7.
23. Boehm K., Salomon G., Beyer B., Schiffmann J., Simonis K., Graefen M., Budaus L. Shear wave elastography for localization of prostate cancer lesions and assessment of elasticity thresholds: implications for targeted biopsies and active surveillance protocols // J. Urol. 2015. V. 193. No. 3. P. 794–800. Doi: 10.1016/j.juro.2014.09.100.
24. Barr R.G., Cosgrove D., Brock M., Cantisani V., Correas J.M., Postema A.W., Salomon G., Tsumi 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.
25. Boehm K., Tennstedt P., Beyer B., Schiffmann J., Beckmann A., Michl U., Beyersdorff D., Budaus L., Graefen M., Karakiewicz P.I., Salomon G. Additional elastography-targeted biopsy improves the agreement between biopsy Gleason grade and Gleason grade at radical prostatectomy // World J. Urol. 2016. V. 34. No. 6. P. 805–810. Doi: 10.1007/s00345-015-1714-1.
26. Франк Г.А., Андреева Ю.Ю., Москвина Л.В., Ефремов Г.Д., Самойлова С.И. Новая классификация ВОЗ опухолей предстательной железы // Архив патологии. 2016. V. 78. № 4. С. 32–42. Doi: 10.17116/patol201678432-42.
27. Porsch M., Wendler J.J., Liehr U.B., Lux A., Schostak M., Pech M. New aspects in shear-wave elastography of prostate cancer // J. Ultrason. 2015. V. 15. No. 60. P. 5–14. Doi: 10.15557/JoU.2015.0001.
28. Rouviere O., Melodelima C., Hoang Dinh A., Bratan F., Pagnoux G., Sanzalone T., Crouzet S., Colombel M., Mege-Lechevallier F., Souchon R. Stiffness of benign and malignant prostate tissue measured by shear-wave elastography: a preliminary study // Eur. Radiol. 2017. V. 27. No. 5. P. 1858–1866. Doi: 10.1007/s00330-016-4534-9.

REFERENCES

1. Malignant tumours in Russia in 2017 (morbidity and mortality) / Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: National Medical Research Radiological Center, 2018. 250 p. (Document in Russian)
2. Naji L., Randhawa H., Sohani Z., Dennis B., Lautenbach D., Kavanagh O., Bawor M., Banfield L., Profetto J. Digital rectal examination for prostate cancer screening in primary care: a systematic review and meta-analysis // Ann. Fam. Med. 2018. V. 16. No. 2. P. 149–154. Doi: 10.1370/afm.2205.
3. Cui T., Kovell R.C., Terlecki R.P. Is it time to abandon the digital rectal examination? Lessons from the PLCO cancer screening trial and peer-reviewed literature // Curr. Med. Res. Opin. 2016. V. 32. No. 10. P. 1663–1669. Doi: 10.1080/03007995.2016.1198312.
4. US Preventive Services Task Force, Grossman D.C., Curry S.J., Owens D.K., Bibbins-Domingo K., Caughey A.B., Davidson K.W., Doubeni C.A., Ebell M., Epling J.W. Jr., Kemper A.R., Krist A.H., Kubik M., Landefeld C.S., Mangione C.M., Silverstein M., Simon M.A., Siu A.L., Tseng C.W. Screening for prostate cancer US Preventive Services Task Force recommendation statement // JAMA. 2018. V. 319. No. 18. P. 1901–1913. Doi: 10.1001/jama.2018.3710.
5. Seitz M., Scher B., Scherr M., Tilki D., Schlenker B., Gratzke C., Schipf A., Stanislaus P., Muller-Lisse U., Reich O., Stief C. Imaging procedures to diagnose prostate cancer // Urologe A. 2007. V. 46. No. 10. P. 1435–1446. Doi: 10.1007/s00120-007-1455-x.
6. Rifkin M.D., Zerhouni E.A., Gatsonis C.A., Quint L.E., Paushter D.M., Epstein J.I., Hamper U., Walsh P.C., McNeil B.J. Comparison of magnetic resonance imaging and ultrasonography in staging early prostate cancer. Results of a multi-institutional cooperative trial // N. Engl. J. Med. 1990. V. 323. No. 10. P. 621–626. Doi: 10.1056/NEJM199009063231001.
7. Beerlage H.P., Aarnink R.G., Ruijter E.T., Witjes J.A., Wijkstra H., Van De Kaa C.A., Debruyne F.M., De La Rosette J.J. Correlation of transrectal ultrasound, computer analysis of transrectal ultrasound and histopathology of radical prostatectomy specimen // Prostate Cancer Prostatic Dis. 2001. V. 4. No. 1. P. 56–62. Doi: 10.1038/sj.pcan.4500495.
8. Loeb S., Vellekoop A., Ahmed H.U., Catto J., Emberton M., Nam R., Rosario D.J., Scattoni V., Lotan Y. Systematic review of complications of prostate biopsy // Eur. Urol. 2013. V. 64. No. 6. P. 876–892. Doi: 10.1016/j.eururo.2013.05.049.
9. Abraham N.E., Mendhiratta N., Taneja S.S. Patterns of repeat prostate biopsy in contemporary clinical practice // J. Urol. 2015. V. 193. No. 4. P. 1178–1184. Doi: 10.1016/j.juro.2014.10.084.
10. Wegelin O., van Melick H.H.E., Hooft L., Bosch J.L.H.R., Reitsma H.B., Barentsz J.O., Somford D.M. Comparing three different tech-

- niques for magnetic resonance imaging-targeted prostate biopsies: a systematic review of In-bore versus magnetic resonance imaging-transrectal ultrasound fusion versus cognitive registration. Is there a preferred technique? // Eur. Urol. 2017. V. 71. No. 4. P. 517–531.
Doi: 10.1016/j.eururo.2016.07.041.
11. Schoots I.G., Rouvière O. MRI and MRI-targeted biopsy take precedence over systematic biopsy in primary prostate cancer diagnosis // BMJ Evid. Based Med. 2018.
Doi: 10.1136/bmjebm-2018-111081.
12. Van Hove A., Savoie P.H., Maurin C., Brunelle S., Gravis G., Salem N., Walz J. Comparison of image-guided targeted biopsies versus systematic randomized biopsies in the detection of prostate cancer: a systematic literature review of well-designed studies // World J. Urol. 2014. V. 32. No. 4. P. 847–858. Doi: 10.1007/s00345-014-1332-3.
13. Walz J. The "PROMIS" of magnetic resonance imaging cost effectiveness in prostate cancer diagnosis? // Eur. Urol. 2018. V. 73. No. 1. P. 31–32.
Doi: 10.1016/j.eururo.2017.09.015.
14. Urology. Russian Clinical Guidelines / Ed. by Yu.G. Alyaev, P.V. Glybochko, D.Yu. Pushkar. Moscow: Medforum, 2017. 544 p. (Guidelines in Russian)
15. Krouskop T.A., Wheeler T.M., Kallel F., Garra B.S., Hall T. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression // Ultrason. Imaging. 1998. V. 20. No. 4. P. 260–274.
Doi: 10.1177/016173469802000403.
16. Barr R.G., Memo R., Schaub C.R. Shear wave ultrasound elastography of the prostate: initial results // Ultrasound Q. 2012. V. 28. No. 1. P. 13–20.
Doi: 10.1097/RUQ.0b013e318249f594.
17. Mitkov V.V., Vasileva A.K., Mitkova M.D. Shear wave ultrasound elastography in prostate cancer diagnosis // Ultrasound and Functional Diagnostics. 2012. No. 5. P. 18–29. (Article in Russian)
18. Woo S., Kim S.Y., Cho J.Y., Kim S.H. Shear wave elastography for detection of prostate cancer: a preliminary study // Korean J. Radiol. 2014. V. 15. No. 3. P. 346–355. Doi: 10.3348/kjr.2014.15.3.346.
19. Correas J.M., Tissier A.M., Khairoune A., Vassiliu V., Mejean A., Helenon O., Memo R., Barr R.G. Prostate cancer: diagnostic performance of real-time shear-wave elastography // Radiology. 2015. V. 275. No. 1. P. 280–289.
Doi: 10.1148/radiol.14140567.
20. Amosov A.V., Krupinov G.E., Lerner Yu.V., Semendyaev R.I., Lumpov I.S., Mitkova M.D., Mitkov V.V. Ultrasound shear wave elastography in prostate cancer diagnosis (retrospective study) // Ultrasound and Functional Diagnostics. 2016. No. 4. P. 10–17. (Article in Russian)
21. Woo S., Suh G.H., Kim S.Y., Cho J.Y., Kim S.H. Shear-wave elastography for detection of prostate cancer: a systematic review and diagnostic meta-analysis // Am. J. Roentgenol. 2017. V. 209. No. 4. P. 806–814. Doi: 10.2214/AJR.17.18056.
22. Ahmad S., Cao R., Varghese T., Bidaut L., Nabi G. Transrectal quantitative shear wave elastography in the detection and characterisation of prostate cancer // Surg. Endosc. 2013. V. 27. No. 9. P. 3280–3287. Doi: 10.1007/s00464-013-2906-7.
23. Boehm K., Salomon G., Beyer B., Schiffmann J., Simonis K., Graefen M., Budaes L. Shear wave elastography for localization of prostate cancer lesions and assessment of elasticity thresholds: implications for targeted biopsies and active surveillance protocols // J. Urol. 2015. V. 193. No. 3. P. 794–800. Doi: 10.1016/j.juro.2014.09.100.
24. 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.
25. Boehm K., Tennstedt P., Beyer B., Schiffmann J., Beckmann A., Michl U., Beyersdorff D., Budaes L., Graefen M., Karakiewicz P.I., Salomon G. Additional elastography-targeted biopsy improves the agreement between biopsy Gleason grade and Gleason grade at radical prostatectomy // World J. Urol. 2016. V. 34. No. 6. P. 805–810.
Doi: 10.1007/s00345-015-1714-1.
26. Frank G.A., Andreeva Yu.Yu., Moskvina L.V., Efremov G.D., Samoilova S.I. A new WHO classification of prostate tumors // Archive of Pathology. 2016. V. 78. No. 4. P. 32–42.
Doi: 10.17116/patol201678432-42. (Article in Russian)
27. Porsch M., Wendler J.J., Liehr U.B., Lux A., Schostak M., Pech M. New aspects in shear-wave elastography of prostate cancer // J. Ultrason. 2015. V. 15. No. 60. P. 5–14.
Doi: 10.15557/JoU.2015.0001.
28. Rouvière O., Melodelima C., Hoang Dinh A., Bratan F., Pagnoux G., Sanzalone T., Crouzet S., Colombel M., Mege-Lechevallier F., Souchon R. Stiffness of benign and malignant prostate tissue measured by shear-wave elastography: a preliminary study // Eur. Radiol. 2017. V. 27. No. 5. P. 1858–1866. Doi: 10.1007/s00330-016-4534-9.

Targeted elastometry (shear wave elastography) in diagnosis of prostate cancer (preliminary results)

A.V. Kadrev^{1,2}, M.D. Mitkova², D.M. Kamalov¹,
N.V. Danilova¹, A.A. Kamalov¹, V.V. Mitkov²

¹ Lomonosov Moscow State University, Medical Research and Educational Center, Moscow

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow

A.V. Kadrev – M.D., Ph.D., Head of Ultrasound Diagnostics Department, Medical Research and Educational Center, Lomonosov Moscow State University; Assistant Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow. D.M. Kamalov – M.D., Ph.D., Urologist, Medical Research and Educational Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow. N.V. Danilova – M.D., Ph.D., Senior Researcher, Department of Clinical Pathology, Medical Research and Educational Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow. A.A. Kamalov – M.D., Ph.D., Professor, RAS academician, Director, Medical Research and Educational Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow. V.V. Mitkov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow.

The study included 96 patients with prostate cancer suspicion. In all patients multiparametric transrectal ultrasound of prostate and seminal vesicles was performed with Aixplorer scanner (Supersonic Imagine, France) using high-frequency (3–12 MHz) transrectal probe. Prostate was divided into 12 sectors for ultrasound assessment (grayscale imaging, power Doppler, and shear wave elastography) and following systematic prostate biopsy (12 cores). Targeted prostate biopsy in addition to systemic biopsy was performed in cases of detection of focal changes suspicious for malignancy. The next Young's modulus parameters were used for statistical analysis: arithmetic average of three Emean measured in each sector (aveEmean) (1) and maximum of three Emean measured in each sector (maxEmean) (2). In cases of focal changes detection with shear wave elastography the similar approach was applied. Values of aveEmean and maxEmean were related to specific biopsy samples (the separate labeling of biopsy samples), followed by morphological verification for the subsequent analysis. A total of 1308 biopsy cores were analyzed. After morphological study prostate cancer was detected in 275 biopsy cores (main group). Remaining samples were included to comparison group (n = 1033). Values of aveEmean and maxEmean in main and comparison groups are significantly differ at P < 0.0001. Significant correlations of Gleason sum with aveEmean ($r_s = 0.558$, P < 0.0001) and maxEmean ($r_s = 0.548$, P < 0.0001) were found in main group. Diagnostic test “aveEmean > 35.4 kPa – prostate cancer” (n = 1308) is characterized by sensitivity 85.1%, specificity 85.8%, and AUC 0.908. Sensitivity of diagnostic test “maxEmean > 37.9 kPa – prostate cancer” (n = 1308) is 88.4%, specificity – 80.4%, and AUC – 0.912. Sensitivity of predictive test “aveEmean > 59.2 kPa – prostate cancer” (n = 275) (prediction of morphologically significant prostate cancer) is 76.8%, specificity – 77.7%, and AUC – 0.807. Sensitivity of predictive test “maxEmean > 62.7 kPa – prostate cancer” (n = 275) (prediction of morphologically significant prostate cancer) is 79.3%, specificity – 71.5%, and AUC – 0.802. Shear wave elastography shows higher accuracy in the diagnosis of prostate cancer, lower – in prediction of morphological significance (ISUP grade ≥ 3).

Key words: ultrasound shear wave elastography, stiffness, Young's modulus, prostate, prostate cancer.

Citation: Kadrev A.V., Mitkova M.D., Kamalov D.M., Danilova N.V., Kamalov A.A., Mitkov V.V. Targeted elastometry (shear wave elastography) in diagnosis of prostate cancer (preliminary results) // Ultrasound and Functional Diagnostics. 2019. No. 1. P. 17–29.

DOI: 10.24835/1607-0771-2019-1-17-29. (Article in Russian)