

Возможности эластометрии сдвиговой волной при мониторинге крупных миом матки после рентгеноэндоваскулярной эмболизации маточных артерий

А. И. Зайцев¹, П. И. Рыхтик*,^{1,2}, Е. Г. Шарабрин², Д. В. Сафонов²,
И. В. Шатохина¹, М. Е. Мамаева¹, Л. В. Шкалова¹

¹ ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России»

² ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики

Shear Wave Elastography in Monitoring of Large Uterine Fibroids after Uterine Artery Embolisation

A. I. Zaytsev¹, P. I. Rykhtik*,^{1,2}, E. G. Sharabrin², D. V. Safonov²,
I. V. Shatokhina¹, M. E. Mamaeva¹, L. V. Shkalova¹

¹ Privolzhsky Regional Medical Center Federal Medical-Biological Agency of Russia

² Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology

Реферат

По данным комплексного ультразвукового исследования с эластометрией сдвиговой волной изучена динамика структурных изменений миоматозного узла и миометрия у 32 пациенток с крупной миомой матки до лечения и через 3 и 12 мес после рентгеноэндоваскулярной эмболизации маточных артерий. Операцию выполняли на рентгенохирургическом комплексе Innova 4100 IQ сферическими микросферами Embosphere размером от 300 до 900 мкм. Клинический эффект достигнут у всех 32 больных. В раннем послеоперационном периоде у 3 пациенток развился острый эндометрит на фоне экспульсии интерстициально-субмукозного узла, потребовавший хирургического вмешательства. В динамике после операции происходило достоверное уменьшение объема доминантного миоматозного узла и матки и прогрессирующее увеличение жесткости самой миомы и индекса ее жестко-

* **Рыхтик Павел Иванович**, кандидат медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России». Адрес: 603001, г. Нижний Новгород, Нижневолжская набережная, д. 2. Тел.: +7 (910) 791-26-16. Электронная почта: rykhtik@gmail.com

Rykhtik Pavel Ivanovich, Ph. D. Med., Head of Department of Radiology, Privolzhsky Regional Medical Center Federal Medical-Biological Agency of Russia. Address: 2, Nizhnevolzhskaya naberezhnaya, Nizhny Novgorod, 603001, Russia. Phone number: +7 (910) 791-26-16. E-mail: rykhtik@gmail.com

сти относительно миометрия, что связано со структурными изменениями в ней после эмболизации, в первую очередь с гиалиновым перерождением. Через 12 мес у 6 (20,7 %) больных в структуре миоматозного узла выявлена рамолиционная киста, образовавшаяся вследствие некроза большей части узла, у 2 из них на основании клинико-лабораторных данных с учетом данных эластометрии была выполнена миомэктомия с целью профилактики гнойно-септических осложнений.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, эластография сдвиговой волной, эластометрия, миома матки больших размеров, эмболизация маточных артерий.

Abstract

Structural changes of the myomatous fibroid and the myometrium in 32 patients with large uterine fibroids before the treatment and 3 and 12 months after uterine artery embolisation was evaluated based on the findings of complex shear wave ultrasound elastography. The operation was performed using the interventional system Innova 4100 IQ with spherical microspheres Embosphere from 300 to 900 μm , the clinical efficacy was established in all 32 patients. In the early postoperative period acute endometritis developed in 3 patients due to the expulsion of the submucosal fibroid, required surgery. After the surgery there was the decrease in the size of the dominant uterine fibroid and the uterus and progressive increase in the strength of the fibroid itself and its strength ratio compared to the myometrium that is associated with the structural changes in it after embolisation, first of all due to hyaline degeneration. After 12 months 6 (20,7 %) patients were found pseudocyst in the structure of the uterine fibroid developed due to necrosis of the major part of the fibroid, 2 of them underwent myomectomy based on readings of clinical laboratory and elastography data in order to prevent purulent septic complications.

Key words: Ultrasound Examination, Shear Wave Elastography, Large Uterine Fibroids, Uterine Artery Embolization.

Актуальность

Рентгеноэндоваскулярная эмболизация маточных артерий (ЭМА) при миоме матки все шире внедряется в клиническую практику, расширяются показания для ее проведения. Активное развитие этого метода лечения потребовало детальной неинвазивной оценки структурных изменений как миометрия, так и миоматозного узла для своевременного определения показаний к его оперативному удалению после эмболизации, в том числе при трансформации в рамолиционную кисту.

Ее проведение стало возможным благодаря внедрению в клиническую практику новой ультразвуковой технологии точечной эластографии сдвиговой волной (point Shear Wave Elastography — pSWE) или акустической импульсно-волновой эластографии (Acoustic

Radiation Force Impulse — ARFI), позволяющей количественно оценить эластичность (жесткость) исследуемого объекта. В ультразвуковом изображении интенсивность эхосигналов зависит от разницы акустического сопротивления (импеданса) соседних тканей, вычисляемого как произведение плотности ткани на скорость распространения в ней ультразвука. Чем эта разница больше, тем сильнее отличаются соседние ткани. Однако и плотность, и скорость звука в мягких тканях практически одинаковы — различие составляет единицы процентов, поэтому их серошкальное изображение может иметь лишь незначительные отличия.

При акустической импульсно-волновой эластометрии жесткость ткани оценивается по скорости распространения

в ней сдвиговой волны, представляющей собой поперечные (сдвиговые) колебания, при которых смещение частиц среды происходит перпендикулярно направлению распространения самой волны. Они возникают в упругой среде под воздействием радиационного давления сильного сфокусированного ультразвукового импульса и характеризуют сдвиговую упругость ткани. В отличие от продольной упругости и акустического сопротивления, сдвиговая деформация мягких тканей обладает значительно более выраженными различиями, что позволяет точно и объективно дифференцировать ткани по количественному показателю жесткости (модулю Юнга), выраженному в килопаскалях (кПа), или по скорости сдвиговой волны [2, 5, 6]. В более жестких (менее эластичных) тканях модуль сдвиговой упругости больше и скорость распространения сдвиговых волн выше, а в более мягких эти значения ниже.

Диагностическое значение точечной эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике рака печени, молочной, щитовидной и предстательной желез показано во многих исследованиях, но ее применение в гинекологии изучено недостаточно. Опубликованы единичные работы, посвященные разработке нормативных показателей жесткости нормального миометрия у женщин репродуктивного и постменопаузального возраста, а также оценке жесткости очаговой (миома, полип) и диффузной (аденомиоз) патологии миометрия [1, 3, 4, 8].

Цель: с помощью акустической импульсно-волновой эластографии изучить динамику структурных изменений миоматозных узлов и миометрия после эмболизации маточных артерий и вы-

явить эхопризнаки потенциальных осложнений.

Материалы и методы

С 2013 по 2016 г. в отделении гинекологии ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр ФМБА России» обследованы 32 пациентки в возрасте от 33 до 48 лет (средний возраст $41,4 \pm 4,6$ года) с миомой матки и длительностью заболевания от 6 мес до 10 лет (в среднем $5,5 \pm 2,9$ года), которым выполнена рентгеноэндovasкулярная ЭМА. У всех пациенток диагностирована миома матки больших размеров (по классификации А. Л. Тихомирова и соавт. (2005) доминантный узел > 6 см) [7], в том числе у 8 (25 %) больных диаметр опухоли превышал 10 см.

Критериями включения в исследование являлись: наличие одной или нескольких крупных миом матки с болевым синдромом, нарушениями менструального цикла (мено-, метроррагии) или функции тазовых органов вследствие сдавления миоматозным узлом; репродуктивный или пременопаузальный возраст; отсутствие беременности и временной интервал более 9 мес от последних родов; отсутствие внутриматочного контрацептива и гормонального лечения в течение последних 3 мес; отсутствие в анамнезе тяжелой экстрагенитальной патологии и оперативных вмешательств на органах малого таза, в том числе кесарева сечения; письменное информированное согласие пациентки.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) органов малого таза выполняли на аппарате ACUSON S2000 (Siemens, Германия) мультислотным конвексным датчиком 2–6 МГц по принятой методике с использованием цветового доплеровского картирования. Определяли

длину, ширину, толщину и объем матки и наибольшей миомы по формуле объема эллипса, оценивали количество, локализацию, экоструктуру узлов и тип их васкуляризации.

Точечная эластография сдвиговой волной по технологии ARFI со стандартной по форме и размерам (10 мм) зоной интереса осуществлялась в миоматозном узле в 5 точках на участках с различной эхогенностью, но не ближе 10 мм до его края, в миометрии — в 3 точках в проксимальной, средней и дистальной трети тела визуально неизменной части матки, но также не ближе 10 мм до границы с миомой. Контрольные УЗИ с оценкой тех же показателей выполняли через 3 и 12 мес после ЭМА.

Для анализа использовали минимальное (E_{\min}) и максимальное (E_{\max}) значения модуля Юнга и его медиану (E_{mean}). Для определения степени жесткости миомы относительно миометрия рассчитывали индекс жесткости, представляющий собой отношение модуля Юнга узла (E_{mean}) к модулю Юнга матки (E_{mean}). Подобное отношение, но при компрессионной эластографии использовали M. Z. Kiss et al. для дифференциальной диагностики полипа эндометрия, аденомиоза и миомы матки [11].

Рентгеноэндоваскулярную ЭМА выполняли на рентгенохирургическом комплексе Innova 4100 IQ (General Electric, США) сферическими микросферами Embosphere (BioSphere Medical, Франция) размером от 300 до 900 мкм с использованием трансфemorального доступа у 29 (91 %) пациенток и трансрадиального — у 3 (9 %). Билатеральная эмболизация достигнута у всех 32 (100 %) больных.

Для статистической обработки материала использовали программный пакет

Microsoft Excel 2010. Результаты исследований представлены в виде $Me (Q_{25}, Q_{75})$, где Me — медиана (Q_{25} и Q_{75}) — 25-й и 75-й квартили. Различия между величинами считалось достоверным при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Эхографическая характеристика миом представлена в табл. 1.

Длительность пребывания в стационаре составила от 1 до 11 дней ($5,9 \pm 3,9$ дня) и определялась выраженностью постэмболизационного синдрома, который наблюдался у всех пациенток в виде комбинации различных симптомов: болей в нижних отделах живота, выделений из половых путей, гипертермии, дизурии, диспепсических явлений, тахикардии. Через 12 мес уменьшение проявлений мено- и метроррагии отмечено у 27 из 29 (93,1 %) женщин, ослабление болевого синдрома — у 20 из 24 (87,5 %), нормализация функции тазовых органов — у 11 из 13 (84,6 %) пациенток.

Послеоперационные осложнения возникли у 4 больных, у 3 из них развился острый эндометрит на фоне экспульсии интерстициально-субмукозного узла, потребовавший хирургического вмешательства: 2 женщинам на 11-е и 14-е сутки выполнена гистерорезектоскопия большей части узла с последующей противовоспалительной терапией с хорошим клиническим эффектом, 3-й пациентке на 8-е сутки проведена трансвагинальная миомэктомия с полным извлечением узла, занимавшего всю полость матки. Еще у 1-й пациентки возникла обширная гематома области пункции бедренной артерии размером 10×15 см.

Объем доминантного узла до ЭМА составил $326,7 (243,8; 546,9)$ см³, объем



Таблица 1

Эхографическая характеристика миом матки

Показатель	Абс.	%
Количество узлов:		
единичный узел	21	65,6
множественные узлы (более 2)	11	34,4
Локализация доминантного узла:		
интерстициально-субсерозная	12	37,5
интрамуральная	12	37,5
интерстициально-субмукозная	8	25,0
Тип васкуляризации доминантного узла:		
периферический	6	18,8
центральный	9	28,1
смешанный	17	53,1

Таблица 2

Динамика изменения объема миомы и матки после ЭМА

Показатель	До эмболизации (n = 32) Me (Q25, Q75)	Через 3 мес (n = 29)*		Через 12 мес (n = 29)*	
		Me (Q25, Q75)	Уменьшение, %	Me (Q25, Q75)	Уменьшение, %
Объем миомы, см ³	326,7 (243,8; 546,9)	126,1 (80,1; 231,7)	61,4	96,4 (51,0; 146,1)	70,5
Объем матки, см ³	581,4 (398,1; 873,5)	281,6 (257,3; 503,0)	51,6	247,5 (143,2; 302,3)	57,4

Примечание: * – через 3 и 12 мес количество пациенток составило 29 после исключения из исследования 3 женщин после оперативного лечения по поводу экспульсии интерстициально-субмукозного узла.

матки – 581,4 (398,1; 873,5) см³. Через 3 мес после ЭМА уменьшение медианы объема доминантного узла и матки составило соответственно 61,4 % (p = 0,007) и 51,6 % (p = 0,008), через 12 мес – 70,5 % (p = 0,001) и 57,4 % (p = 0,001) (табл. 2).

После операции происходило прогрессирующее увеличение жесткости

миомы, тогда как жесткость самого миометрия после кратковременного небольшого увеличения через 3 мес в последующем снижалась по сравнению с исходным значением (табл. 3). Через 12 мес выявлено достоверное (p = 0,024) увеличение медианы жесткости миоматозных узлов при уменьшении медианы жесткости миометрия (p = 0,031)

Таблица 3

Динамика изменения модуля Юнга доминантного узла и матки после ЭМА

Показатель	До эмболизации (n = 32)	Через 3 мес (n = 29)	Через 12 мес (n = 29)
Модуль Юнга узла			
E_{mean} узла, кПа	19,5 (14,8; 28,1)	21,6 (15,3; 28,5)	26,5 (13,6; 42,1)
E_{min} узла, кПа	11,2	6,0	7,7
E_{max} узла, кПа	39,3	45,6	63,5
Модуль Юнга матки			
E_{mean} матки, кПа	25,9 (16,5; 29,2)	27,7 (21,5; 30,6)	19,4 (14,6; 23,8)
E_{min} матки, кПа	4,8	6,6	6,0
E_{max} матки, кПа	48,2	43,3	43,5

(рис. 1). Повышение жесткости узлов мы связываем с их структурными изменениями после эмболизации, в первую очередь с гиалиновым перерождением.

Медиана исходного значения индекса жесткости составила 0,75 (0,57; 2,03),

при этом у 18 (62,5 %) пациенток он был меньше 1 ($Me - 0,64$, минимальный индекс — 0,26), т. е. модуль Юнга миомы был меньше модуля Юнга миометрия, а у 12 (37,5 %) больных — больше 1 ($Me - 2,06$, максимальный индекс — 7,15).

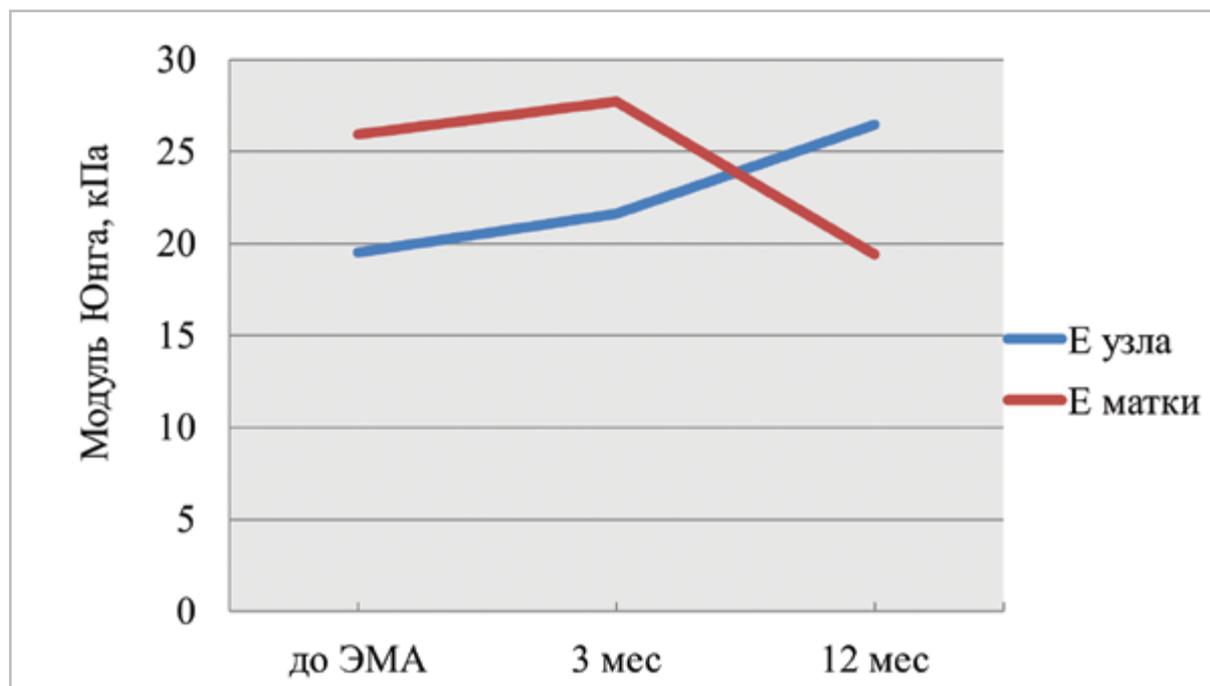


Рис. 1. Динамика изменения медианы жесткости миоматозного узла и матки

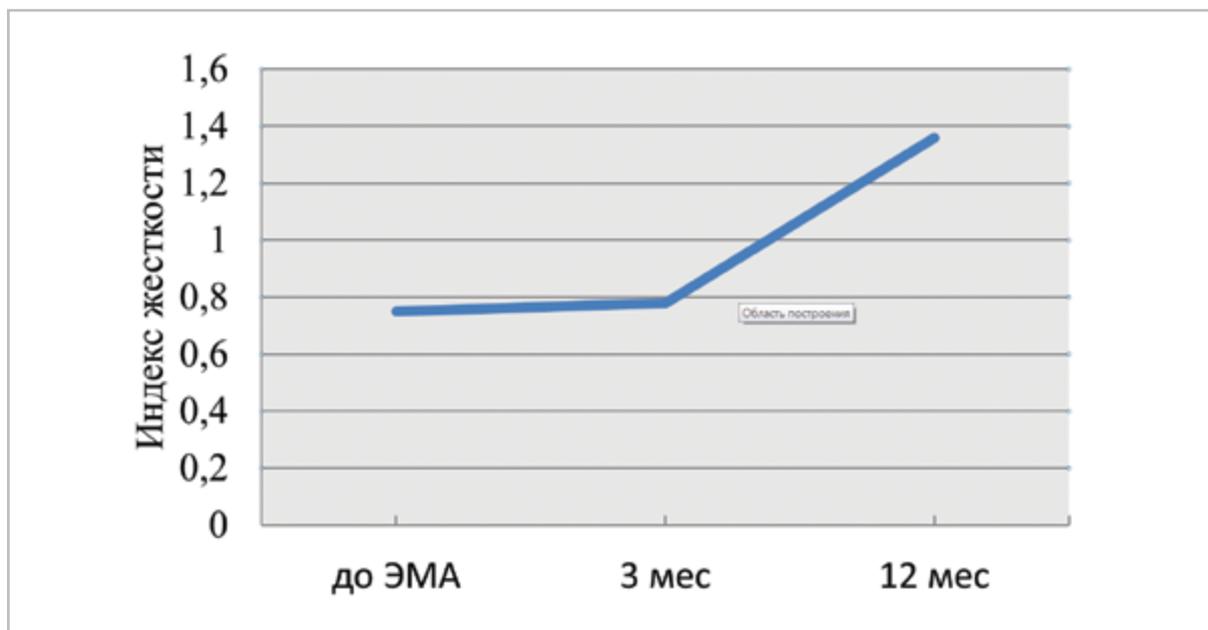


Рис. 2. Динамика изменения индекса жесткости миоматозного узла

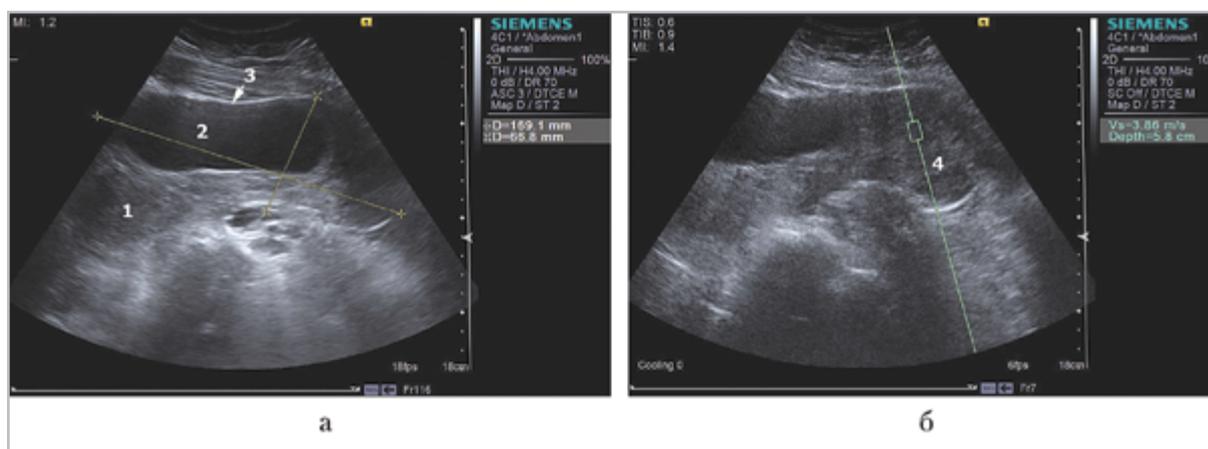


Рис. 3. Эхограмма крупной миомы через 12 мес после ЭМА (а): в структуре образования (1) определяется большая анэхогенная кистовидная полость (2) с тонкой эхогенной капсулой (3). При эластометрии сдвиговой волной (б) выявлена высокая жесткость (3,86 м/с) некротизированного узла (4)

В динамике индекс жесткости через 3 мес после ЭМА не изменился — 0,78 (0,51; 1,40), но через 12 мес наблюдалось его достоверное увеличение — 1,36 (0,96; 2,83) ($p = 0,001$) (рис. 2), при этом значение индекса меньше 1 отмечено у 8 (27,6 %) из 29 пациенток (медиана — 0,69, минимальный индекс — 0,25), а

больше 1 — у 21 (72,4 %) женщины (Ме — 2,24, максимальный индекс — 4,49).

Через 12 мес у 6 (20,7 %) больных в структуре миоматозного узла визуализировалась обширная анэхогенная кистовидная зона с тонкой эхогенной капсулой, представлявшая собой рамолиционную кисту, образовавшуюся

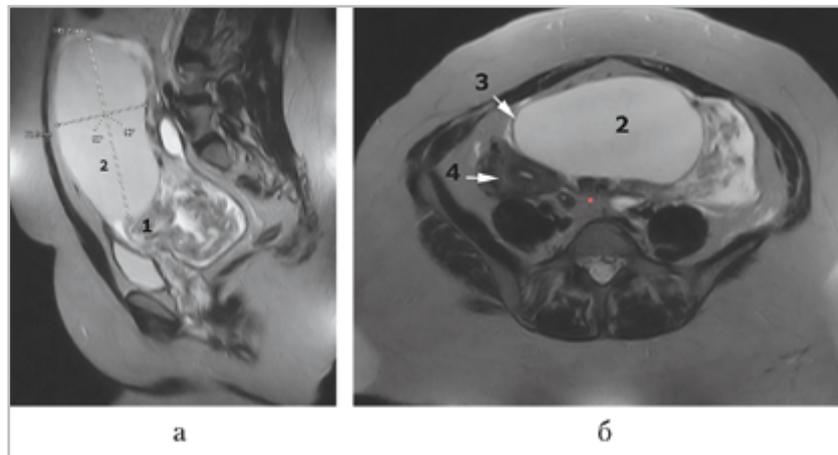


Рис. 4. МР-томограммы органов малого таза, Т2-ВИ в сагиттальной (а) и аксиальной (б) плоскостях: в структуре некротизированного миоматозного узла (1) определяется крупная кистозная полость (2) с плотной капсулой (3), матка (4) деформирована, смещена вправо

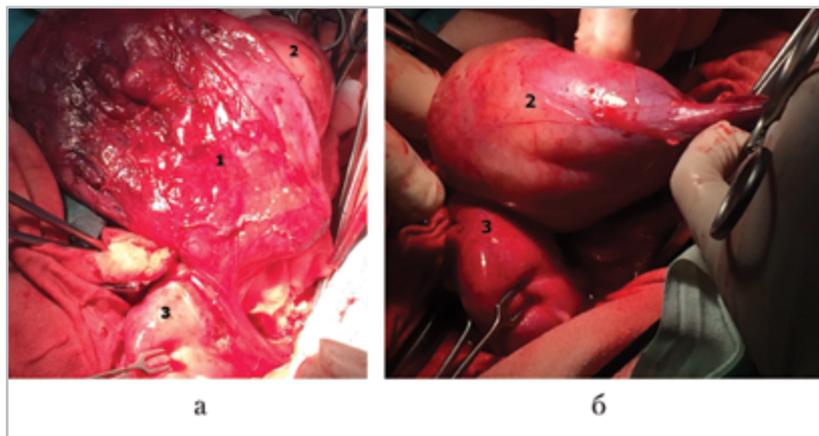


Рис. 5. Интраоперационные фото: а — солидная часть миоматозного узла на разрезе (1), на заднем плане видна киста (2); б — крупная киста (2) с плотной капсулой, матка (3) захвачена щипцами

вследствие некроза большей части узла (рис. 3, а, б).

При проведении эластометрии у 2 из них получена высокая жесткость некротизированного узла, что с учетом клинико-лабораторных данных послужило показанием к проведению миомэктомии с целью профилактики гнойно-септических осложнений. Полученные ультразвуковые данные были подтверждены результатами магнитно-резонансной томографии (рис. 4, а, б).

Обеим женщинам выполнена лапароскопическая миомэктомия интерстициально-субсерозного узла (рис. 5, а, б). Некротизированная ткань удаленного узла имела волокнистую структуру и крупную кистозную полость, спавшуюся после опорожнения и фиксации в формалине (рис. 6).

При гистологическом исследовании верифицирована доброкачественная опухоль матки, которая состояла из веретенообразных клеток с удлинненными



Рис. 6. Макропрепарат интерстициально-субсерозной миомы (после фиксации формалином): миоматозный узел размером 12 × 18 см, на разрезе ткань серо-белого цвета, волокнистая, однородная, на периферии узла кистозная полость размером 5 × 8 см с гладкой внутренней поверхностью серо-бурого цвета

ядрами и хорошо выраженной эозинофильной цитоплазмой, образующих пучки гладкомышечных волокон. В опухоли выявлены выраженные дегенера-

тивные изменения клеток, гиалиноз и отек. Фигуры митозов не определялись. Кистозная полость выстлана эпителием по типу мезотелия (рис. 7, а, б).

Обсуждение

Полученные нами показатели жесткости миометрия до эмболизации миоматозного узла сопоставимы с результатами В. В. Митькова и соавт. [3] (медиана E_{mean} — 24,6 кПа, медиана E_{max} — 29,4 кПа), В. Н. Диомидовой и соавт. [1] (медиана E_{mean} — 22,3 кПа), а также экспериментальными данными Е. А. Ovari et al. [12] — $29,7 \pm 2,2$ кПа. Однако значения модуля Юнга миоматозного узла существенно отличались. В нашем исследовании жесткость узлов оказалась значительно ниже, чем у В. В. Митькова и соавт.: E_{mean} 19,5 кПа по сравнению с E_{mean} 53,87 кПа узлов с отеком, E_{mean} 83,57 кПа узлов без вторичных изменений и E_{mean} 257,99 кПа миом с гиалинозом.

Необходимо отметить, что в работе В. В. Митькова и соавт. жесткость миом

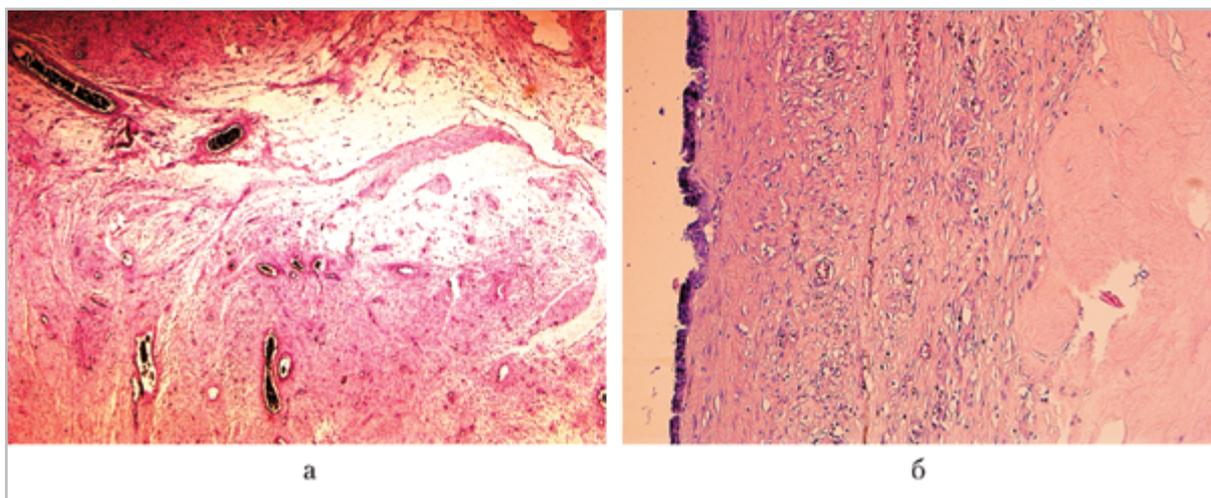


Рис. 7. Патоморфологическая картина интерстициально-субсерозной миомы: а — фиброз, гиалиноз, отек, полнокровные сосуды в миоматозном узле (окраска гематоксилином и эозином; ×100); б — стенка кисты, выстланная эпителием по типу мезотелия, с отеком и фиброзом (окраска гематоксилином и эозином; ×50)

определялась *ex vivo* после их удаления, а мы проводили исследования на дооперационном этапе. Значительные расхождения полученных результатов приводят к выводу, что жесткость опухоли зависит не только от ее морфологического строения, но и от условий, в которых она находится, т. е. от влияния самого организма (кровоснабжение, иннервация, гормональный статус). Подобного же мнения придерживается E. A. Stewart et al., которые считают, что имеются значительные различия при измерении жесткости миомы *in vivo* и *ex vivo* [14]. Таким образом, обнаружение подобных различий ставит под сомнение необходимость экстраполяции данных, полученных *ex vivo*, в клиническую практику, а проведение точечной эластографии сдвиговой волной удаленных миоматозных узлов имеет больше академический интерес, чем практическое применение.

При сравнении модуля Юнга миомы и миометрия R. Rogers et al. отмечают достоверно более высокую (в 2–3 раза) жесткость опухолей и объясняют это избыточным содержанием в них экстрацеллюлярного матрикса, состоящего из фибронектина, коллагена типа 1, 3 и протеогликанов с патологически измененной структурой [13]. Гистологическая картина 2 удаленных нами некротизированных узлов с крупной кистозной полостью соответствует гиалиновому некрозу узла по классификации T. J. Colgan et al. (2003), выделившего 3 типа некроза после ЭМА: гиалиновый, коагуляционный и острый гнойный, — среди которых гиалиновый встречается наиболее часто [10]. Такого же мнения о преобладании гиалинового типа некроза придерживаются С. Е. Bonduki et al. и W. Weichert et al. [9, 15]. Таким образом,

прогрессирующее увеличение жесткости миоматозных узлов после ЭМА по данным эластометрии может быть обусловлено нарастанием явлений гиалинового некроза в опухоли в послеоперационном периоде.

Выводы

1. Рентгенэндоваскулярная ЭМА является эффективным методом лечения миом матки больших размеров, что подтверждается значительным уменьшением объема миоматозного узла и самой матки после операции, а также регрессом клинических проявлений.
2. Акустическая импульсно-волновая эластография (ARFI) позволяет объективно оценить структурные изменения миом больших размеров после рентгенэндоваскулярной ЭМА и выявить повышение их жесткости как признак гиалинового перерождения.
3. Показанием для проведения миомэктомии с целью профилактики гнойно-септических осложнений после рентгенэндоваскулярной ЭМА является выявление в матке рамолиционной кисты в виде преимущественно анэхогенного инкапсулированного образования с распространением в некротическом содержимом сдвиговой волны при эластометрии по технологии ARFI.

Список литературы

1. Диомидова В. Н., Захарова О. В., Петрова О. В. Эластография сдвиговой волной в оценке эндометрия и миометрия у здоровых женщин репродуктивного возраста // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 5. С. 51–56.

2. Зыкин Б. И., Постнова Н. А., Медведев М. Е. Эластография: анатомия метода // Променевая диагностика, променевая терапия. 2012. № 2–3. С. 107–113.
3. Митьков В. В., Хуако С. А., Саркисов С. Э., Митькова М. Д. Количественная оценка эластичности миометрия в норме // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. № 5. С. 14–19.
4. Митьков В. В., Хуако С. А., Цыганов С. Е., Кириллова Т. А., Митькова М. Д. Сравнительный анализ данных эластографии сдвиговой волной и результатов морфологического исследования тела матки (предварительные результаты) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 99–114.
5. Осипов Л. В. Технологии эластографии в ультразвуковой диагностике. Обзор // Диагностическая радиология и онкотерапия. 2013. № 3–4. С. 5–23.
6. Руденко О. В., Сафонов Д. В., Рыхтик П. И., Гурбатов С. Н., Романов С. В. Физические основы эластографии. Ч. 2. Эластография на сдвиговой волне (лекция) // Радиология – практика. 2014. № 4 (46). С. 62–73.
7. Тихомиров А. Л., Лубнин Д. М. Оптимизация лечения больных миомой матки // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2005. Т. 4. № 5–6. С. 105–113.
8. Carlson L. C., Feltovich H., Palmeri M. L., Dahl J. J., Munoz del Rio A., Hall T. J. Estimation of shear wave speed in the human uterine cervix // Ultrasound Obstet. Gynecol. 2014. V. 43. № 4. P. 452–458.
9. Bonduki C. E., de Oliveira Dornelas Jr. G., Bernardo A., Feldner Jr. P. C., Castro R. A., de Jesus Simões M., Sartori M. G. F., Girão C. Uterine arterial embolization: collagen analysis of endometrial/uterine biopsy pre- and after procedure // Gynecol. Surg. 2010. V. 7. № 1. P. 81–85.
10. Colgan T. J., Pron G., Mocarski E. J., Bennett J. D., Asch M. R., Common A. Pathologic features of uteri and leiomyomas following uterine artery embolization for leiomyomas // The American Journal of Surgical Pathology. 2003. V. 27. № 2. P. 167–177.
11. Kiss M. Z., Hobson M. A., Varghese T., Harter J., Kliewer M. A., Hartenbach E. M., Zagzebski J. A. Frequency-dependent complex modulus of the uterus: preliminary results // Physics in Medicine and Biology. 2006. V. 51. № 15. P. 3683–3695.
12. Omari E. A., Kiss M. Z., Varghese T., Harter J., Hartenbach E. M. Quantification of the viscoelastic characteristics of the uterus and associated pathologies // Abstracts of the Ninth International Conference on the Ultrasonic Measurement and Imaging of Tissue Elasticity. Snowbird, Utah, USA, 2010. P. 63.
13. Rogers R., Norian J., Malik M., Christman G., Abu-Asab M., Chen F., Korecki C., Iatridis J., Catherino W.H., Tuan R. S., Dhillon N., Leppert P., Segars J. H. Mechanical homeostasis is altered in uterine leiomyoma // The American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2008. V. 198. № 4. P. 474. e11-474. e11. URL: <http://campionfund.org/wp-content/uploads/2013/12/Rogers-et-al.pdf>.
14. Stewart E. A., Taran F. A., Chen J., Gostout B. S., Woodrum D. A., Felmlee J. P., Ehman R. L. Magnetic resonance elastography of uterine leiomyomas: a feasibility study // Fertility and Sterility. 2011. V. 95. № 1. P. 281–284.
15. Weichert W., Denkert C., Gauruder-Burmester A., Kurzeja R., Hamm B., Dietel M., Kroencke T. J. Uterine arterial embolization with tris-acryl gelatin microspheres: a histopathologic evaluation // The American Journal of Surgical Pathology. 2005. V. 29. № 7. P. 955–961.

References

1. *Diomidova V. N., Zakharova O. V., Petrova O. V.* Endometrium and myometrium shear wave elastography in healthy women of reproductive age. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*. 2015. No. 5. P. 51–56 (in Russian).
2. *Zykin B. I., Postnova N. A., Medvedev M. E.* Elastography: Anatomy of a Method. *Radiation Diagnostics, Radiation Therapy*. 2012. No. 2–3. P. 107–113 (in Russian).
3. *Mitkov V. V., Khuako S. A., Sarkisov S. E.* Quantity assessment of myometrium elasticity in norm. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*. 2011. No. 5. P. 14–19 (in Russian).
4. *Mitkov V. V., Khuako S. A., Cyganov S. E., Kirillova T. A., Mitkova M. D.* Comparative analysis of shear wave elastography and results of uterine morphological examination (preliminary results). *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*. 2013. No. 5. P. 99–114 (in Russian).
5. *Osipov L. V.* Elastography technologies in ultrasound diagnostics. Review. *Diagnosticheskaya radiologiya i onkoterapiya*. 2013. No. 3–4. P. 5–23 (in Russian).
6. *Rudenko O. V., Safonov D. V., Rykhtik P. I., Gurbatov S. N., Romanov S. V.* Physical bases of elastography. Part 2. Shear wave elastography (Lecture). *Radiologiya – praktika*. 2014. No. 4 (46). P. 62–73 (in Russian).
7. *Tikhomirov A. L., Lubnin D. M.* Optimization of the treatment of the patients with uterus fibroids. *Voprosy ginekologii, akusherstva i perinatologii*. 2005. V. 4. No. 5–6. P. 105–113 (in Russian).
8. *Carlson L. C., Feltovich H., Palmeri M. L., Dahl J. J., Munoz del Rio A., Hall T. J.* Estimation of shear wave speed in the human uterine cervix. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2014. V. 43. No. 4. P. 452–458.
9. *Bonduki C. E., de Oliveira Dornelas Jr. G., Bernardo A., Feldner Jr. P. C., Castro R. A., de Jesus Simões M., Sartori M. G. F., Girão C.* Uterine arterial embolization: collagen analysis of endometrial/uterine biopsy pre and after procedure. *Gynecol. Surg.* 2010. V. 7. No. 1. P. 81–85.
10. *Colgan T. J., Pron G., Mocarski E. J., Bennett J. D., Asch M. R., Common A.* Pathologic features of uteri and leiomyomas following uterine artery embolization for leiomyomas. *The American Journal of Surgical Pathology*. 2003. V. 27. No. 2. P. 167–177.
11. *Kiss M. Z., Hobson M. A., Varghese T., Harter J., Kliewer M. A., Hartenbach E. M., Zagzebski J. A.* Frequency-dependent complex modulus of the uterus: preliminary results. *Physics in Medicine and Biology*. 2006. V. 51. No. 15. P. 3683–3695.
12. *Omari E. A., Kiss M. Z., Varghese T., Harter J., Hartenbach E. M.* Quantification of the viscoelastic characteristics of the uterus and associated pathologies. *Abstracts of the Ninth International Conference on the Ultrasonic Measurement and Imaging of Tissue Elasticity*. Snowbird, Utah, USA, 2010. P. 63.
13. *Rogers R., Norian J., Malik M., Christman G., Abu-Asab M., Chen F., Korecki C., Iatridis J., Catherino W. H., Tuan R. S., Dhillon N., Leppert P., Segars J. H.* Mechanical homeostasis is altered in uterine leiomyoma. *The American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2008. V. 198. No. 4. P. 474. e1-474. e11.
14. *Stewart E. A., Taran F. A., Chen J., Gostout B. S., Woodrum D. A., Felmlee J. P., Ehman R. L.* Magnetic resonance elastography of uterine leiomyomas: a feasibility study. *Fertility and Sterility*. 2011. V. 95. No. 1. P. 281–284.
15. *Weichert W., Denkert C., Gauruder-Burmester A., Kurzeja R., Hamm B., Dietel M.,*

Kroencke T. J. Uterine arterial embolization with tris-acryl gelatin microspheres: a histopathologic evaluation. The Ame-

rican Journal of Surgical Pathology. 2005. V. 29. No. 7. P. 955–961.

Сведения об авторах

Зайцев Алексей Иванович, врач-специалист по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России», Клиническая больница № 1.
Адрес: 603109, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 14.
Тел.: +7 (910) 380-26-30. Электронная почта: docal@inbox.ru

Zaytsev Aleksey Ivanovich, Interventional Radiologist of Interventional Radiology Department, Privolzhsky Regional Medical Center Federal Medical-Biological Agency of Russia, Hospital № 1.
Address: 14, Ilinskaya, Nizhny Novgorod, 603109, Russia.
Phone number: +7 (910) 380-26-30. E-mail: docal@inbox.ru

Рыхтик Павел Иванович, кандидат медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России».
Адрес: 603001, г. Нижний Новгород, Нижневолжская набережная, д. 2.
Тел.: +7 (910) 791-26-16. Электронная почта: rykhtik@gmail.com

Rykhtik Pavel Ivanovich, Ph. D. Med., Head of Department of Radiology, Privolzhsky Regional Medical Center Federal Medical-Biological Agency of Russia.
Address: 2, Nizhnevolzhskaya naberezhnaya, Nizhny Novgorod, 603001, Russia.
Phone number: +7 (910) 791-26-16. E-mail: rykhtik@gmail.com

Сафонов Дмитрий Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики факультета повышения квалификации врачей ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России.
Адрес: 603005, Нижний Новгород, пл. Минина, д. 10/1.
Тел.: +7 (910) 795-59-25. Электронная почта: safonovdv@inbox.ru

Safonov Dmitry Vladimirovich, M. D. Med., Professor, Professor of Department of Radiology of Faculty of Professional Development of Doctors, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Healthcare of Russia.
Address: 10/1, Minin pl., Nizhny Novgorod, 603005, Russia.
Phone number: +7 (910) 795-59-25. E-mail: safonovdv@inbox.ru

Шарабрин Евгений Георгиевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики факультета повышения квалификации врачей ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России.
Адрес: 603005, г. Нижний Новгород, пл. Минина, д. 10/1.
Тел.: +7 (903) 608-12-79. Электронная почта: sharabrin@mail.ru

Sharabrin Evgeny Georgievich, M. D. Med., Professor of Department of Radiology, Faculty of Professional Development of Doctors, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Healthcare of Russia.
Address: 10/1, Minin pl., Nizhny Novgorod, 603005, Russia.
Phone number: +7 (903) 608-12-76. E-mail: sharabrin@mail.ru

Шатохина Ирина Валентиновна, врач ультразвуковой диагностики отдела лучевой диагностики ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России», Клиническая больница № 1.
Адрес: 603109, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 14.
Тел.: +7 (910) 381-55-51. Электронная почта: shatohina.iv@yandex.ru

Shatohina Irina Valentinovna, Doctor of Ultrasonic Diagnostics of Department of Radiology of Privolzhsky Regional Medical Center Federal Medical-Biological Agency of Russia, Hospital № 1.
Address: 14, ul. Ilinskaya, Nizhny Novgorod, 603109, Russia.
Phone number: +7 (910) 381-55-51. E-mail: shatohina.iv@yandex.ru

Мамаева Марина Евгеньевна, заведующая отделением гинекологии ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России», Клиническая больница № 1.
Адрес: 603109, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 14.
Тел.: +7 (910) 382-91-31. Электронная почта: mamaevame@yandex.ru

Mamaeva Marina Evgen'evna, Head of Department of Gynecology, Privolzhsky Regional Medical Center Federal Medical-Biological Agency of Russia.
Address: 14, ul. Ilinskaya, Nizhny Novgorod, 603109, Russia.
Phone number: +7 (910) 382-91-31. E-mail: mamaevame@yandex.ru

Шкалова Любовь Владимировна, кандидат медицинских наук, заведующая патологоанатомическим отделением ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр Федерального медико-биологического агентства России».
Адрес: 603001, г. Нижний Новгород, Нижневолжская набережная, д. 2.
Тел.: +7 (903) 848-51-97. Электронная почта: l_shkalova@mail.ru

Shkalova Ljubov' Vladimirovna, Ph. D. Med., Head of Department of Pathological Anatomy, Privolzhsky Regional Medical Center Federal Medical-Biological Agency of Russia.
Address: 2, Nizhnevolzhskaya naberezhnaya, Nizhny Novgorod, 603001, Russia.
Phone number: +7 (903) 848-51-97. E-mail: l_shkalova@mail.ru

Финансирование исследования и конфликт интересов.

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.