



DOI: 10.24835/1607-0763-2017-5-112-123

Гибридная технология фьюжн МРТ/УЗИ и эластография в диагностике атрофии и жировой дегенерации надостной мышцы плечевого сустава

Гажонова В.Е.^{1, 2*}, Емельяненко М.В.², Онищенко М.П.²

¹ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

² ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

Hybrid Technology Fusion MRI/US and Sonoelastography in Diagnosis of Fatty Degeneration and Atrophy of Supraspinatus Muscle of the Shoulder

Gazhonova V.E.^{1, 2*}, Emelianenko M.V.², Onishchenko M.P.²

¹ «Central State Medical Academy» management department of the president of Russian Federation, Moscow, Russia

² «United hospital and policlinic» General management department of the President of Russian Federation, Moscow; Russia

Оценка состояния мышц вращательной манжеты плеча важна для определения показаний к хирургическому лечению и оценке прогноза успешного лечения. Ультразвуковой метод является признанной методикой, применяемый при разрывах вращательной манжеты плеча, однако его использование для оценки состояния мышц ротатора еще не изучено. Новая методика фьюжн МРТ/УЗИ в сочетании с соноэластографией (СЭГ) позволяет выявлять различия плотности тканей, а совмещение двух методов преодолевает ограничения со стороны УЗИ, связанные с узостью поля обзора, а со стороны МРТ связанные с невозможностью проведения исследований в реальном времени и низким пространственным разрешением.

Цель исследования: исследование диагностических возможностей и внутрирейтинговой согласованности экспертов в оценке степени атрофии и жировой дегенерации надостной мышцы с помощью ультразвуковой эластографии и при фьюжн МРТ/УЗИ.

Материал и методы. Из 128 пациентов, обратившихся с жалобами на боли в плечевом суставе, для исследования информативности УЗИ и УЗИ с СЭГ в сопоставлении с МРТ были отобраны 72 пациента, оформивших добровольное согласие, и 29 больным проведено фьюжн МРТ/УЗИ. При УЗИ с СЭГ выполняли косые корональные и сагиттальные срезы надостной мышцы. МРТ выполнялась в стандартных программах

и срезах для проведения сопоставлений. Степень жировой дегенерации при МРТ оценивалась с помощью 5-балльной шкалы на основе модифицированной классификации по Goutallier, при УЗИ с СЭГ применяли 3-балльную шкалу. УЗ-данные по степени атрофии и жировой дегенерации ретроспективно были оценены двумя независимыми экспертами. Рассчитывали чувствительность, а также внутрирейтинговую согласованность экспертов.

Результаты. Чувствительность традиционного УЗИ в сравнении с УЗИ с СЭГ в выявлении степени атрофии надостной мышцы при сопоставлении с референтным методом МРТ составила 53%/76%. Причем чем выше степень атрофии надостной мышцы, тем точнее показатели чувствительности УЗИ и УЗИ с СЭГ.

Чувствительность УЗИ с СЭГ в выявлении жировой дегенерации надостной мышцы по сравнению с УЗИ была выше – 85%/65%. СЭГ была более чувствительна в выявлении жировой инфильтрации при полных разрывах сухожилия надостной мышцы, чем при частичных разрывах. Во всех случаях полных разрывов УЗИ с СЭГ со 100% точностью указало степень жировой инфильтрации и стадию мышечной атрофии, тогда как при частичных разрывах сухожилия надостной мышцы чувствительность УЗИ с СЭГ снижалась до 66%. Согласованность экспертов между МРТ и УЗИ с СЭГ в отношении степени жировой дегенерации надостной



мышцы была хорошей ($\kappa = 0,78$). Согласованность межэкспертная в заключениях о наличии жировой дегенерации по данным УЗИ была низкой – 0,41, а УЗИ с СЭГ хорошей – 0,71.

Заключение. СЭГ позволяет повысить диагностические возможности УЗИ в выявлении атрофии и степени жировой дегенерации надостной мышцы при сопоставлении с МРТ. УЗ-метод с применением СЭГ может использоваться как самостоятельный метод для оценки степени атрофии и жировой дегенерации надостной мышцы.

Ключевые слова: ультразвуковая эластография, надостная мышца, разрывы вращательной манжеты, МРТ, жировая дегенерация, атрофия надостной мышцы.

Ссылка для цитирования: Гажонова В.Е., Емельяненко М.В., Онищенко М.П. Гибридная технология фьюжн МРТ/УЗИ и эластография в диагностике атрофии и жировой дегенерации надостной мышцы плечевого сустава. *Медицинская визуализация*. 2017; 21 (5): 112–123. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-5-112-123.

Evaluation of the rotator cuff muscles is of value for surgical indications and successful postoperative prognosis. Ultrasound is widely used for detection of rotator cuff tears, but its role in evaluation of the rotator cuff muscles is not yet defined. A new method Fusion MRI/US with elastography is able to show differences in tissue stiffness, and a simultaneous combination of two methods helps to overcome limitations from US – narrow field of view, and from MRI – impossibility for real time examination and low space resolution.

Purpose. To investigate diagnostic performance and interobserver reliability of US elastography and to study possibilities of Fusion MRI/US technique in grading fatty degeneration and atrophy of the supraspinatus muscle.

Materials and methods. 72 patients from 128 with shoulder pain and disability with written diagnostic confirm were specially selected for the study with US elastography and MRI and 29 patients were enrolled for Fusion MRI/US study. Oblique sagittal scans through the supraspinatus muscle were performed during US elastography study in the standard manner for comparance with MRI. The amount of fatty degeneration was graded according to the modified Goutallier five-point scale, with use of a 3-point scale – with US elastography. US results for grade of atrophy and fatty degeneration were retrospectively reviewed by 2 blinded to

each other results experts. Sensitivity and interobserver reliability was estimated.

Results. The sensitivity of standard US in comparance to US elastography in assessment of muscle atrophy with the reference to MRI was 53% and 76%, respectively. The sensitivity of US and US elastography increased with increasing of the grade of muscle atrophy. The sensitivity of US and US elastography in detection of fatty degeneration was slightly better 65% and 85%, respectively. US elastography were more sensitive in evaluation of fatty degeneration in full thickness than in partial thickness rotator cuff tears. In all cases of full thickness tears US with elastography had a 100% sensitivity in assessment of atrophy and fatty degeneration in the reference to MRI. While in partial tears the sensitivity decreased to 66%. The agreement between MRI and US elastography for the grade of fatty degeneration of the supraspinatus was substantial ($\kappa = 0.78$). The interobserver reliability for US was fair ($\kappa = 0.41$), and for US elastography substantial ($\kappa = 0.71$).

Conclusion. Sonoelastography helps to increase the diagnostic performance of US in identifying and grading fatty degeneration and atrophy of the supraspinatus. US with elastography can be used as a primary modality for fatty changes and atrophy of the supraspinatus.

Key words: ultrasound elastography, supraspinatus muscle, rotator cuff tears, MRI, fatty degeneration, supraspinatus muscle atrophy.

Recommended citation: Gazhonova V.E., Emelianenko M.V., Onishchenko M.P. Hybrid Technology Fusion MRI/US and Sonoelastography in Diagnosis of Fatty Degeneration and Atrophy of Supraspinatus Muscle of the Shoulder. *Medical visualization*. 2017; 21 (5): 112–123. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-5-112-123.

Введение

Массивные разрывы сухожильно-связочного аппарата плечевого сустава приводят к мышечной атрофии, фиброзу и жировой дегенерации надостной и подостной мышц. Молекулярный механизм развития атрофии и жировой дегенерации мышц плечевого сустава до конца еще не изучен [1–3].

Для корреспонденции*: Гажонова Вероника Евгеньевна – 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, 19а, с. 1. “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента РФ. Тел.: +7-916-555-50-82. E-mail: vx969@yandex.ru

Гажонова Вероника Евгеньевна – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента РФ, Москва, заведующая кабинетом УЗ-ангиографии, врач ультразвуковой диагностики ФГБУ “Объединенная больница с поликлиникой” Управления делами Президента РФ, Москва; **Емельяненко Михаил Валерьевич** – врач ортопед-травматолог хирургического отделения поликлиники ФГБУ “Объединенная больница с поликлиникой” Управления делами Президента РФ, Москва; **Онищенко Максим Павлович** – канд. мед. наук, заведующий отделением КТ и МРТ ФГБУ “Объединенная больница с поликлиникой” Управления делами Президента РФ, Москва.

Contact*: Veronika E. Gazhonova – 121359, Russia, Moscow, Marshala Timoshenko str., 19a, bld. 1. “Central State Medical Academy” General management department of the president of Russian Federation. Phone: +7-916-555-50-82. E-mail: vx969@yandex.ru

Veronika E. Gazhonova – doct. of med. sci., professor, professor of radiology department of postgraduate professional education “Central State Medical Academy” general management department of the president of Russian Federation; head of US-angiography of “United hospital and polyclinic” management department of the President of Russian Federation, Moscow; **Mikhail V. Emelianenko** – orthopedist-traumatologist of the surgery department of “United hospital and polyclinic” general management department of the President of Russian Federation, Moscow; **Maxim P. Onishchenko** – cand. of med. sci., Chief Radiologist of the CT and MRI department of “United hospital and polyclinic” general management department of the President of Russian Federation, Moscow.



Клинические данные показали, что эти проявления необратимы и сочетаются с плохим прогнозом по восстановлению функции сустава. Было доказано, что эффективность хирургического лечения наиболее высока у пациентов без развития жировой дегенерации и атрофии мышц, поэтому оценка состояния мышц вращательной манжеты плеча (ВМП) – один из важных моментов для определения показаний к хирургическому лечению и оценке прогноза успешного лечения [4–7].

МРТ является “золотым стандартом” в оценке патологии плечевого сустава. Современные последовательности при МРТ позволяют наряду со степенью мышечной атрофии оценивать выраженность жировой дегенерации.

Степень мышечной атрофии измеряется по соотношению размеров надостной мышцы и размеров надостной ямки. Выраженность жировой дегенерации было предложено оценивать по качественной классификации D. Goutallier, разработанной для КТ и модифицированной впоследствии для МРТ [8].

Ультразвуковой (УЗ) метод наряду с МРТ является признанной методикой, применяемой при разрывах ВМП, однако его использование для оценки состояния мышц ротатора еще не изучено. Немногочисленные публикации, в которых оценивалась степень жировой дегенерации, не показали высокой точности УЗ-метода [9–13].

Новая методика УЗ-эластографии, или соноэластографии (СЭГ), для оценки эластичности тканей позволяет выявлять различия плотности тканей, что может быть эффективно использовано при исследовании мышц вращательной манжеты. Известно, что воспаление и дегенеративный процесс по-разному влияют на эластичность ткани [14–16], поэтому измерение плотности ткани (ее размягчение в результате дегенеративного процесса) может помочь в выявлении жировой инфильтрации мышц.

Применение фьюжн МРТ/УЗИ в травматологии улучшает пространственное восприятие внутрисуставных структур и всего капсульно-связочного аппарата сустава и позволяет проводить более точное топографическое сопоставление УЗ-изображений и МРТ-срезов. Использование фьюжн и эластографии в оценке состояния надостной мышцы еще только изучается [17–20]. Отсутствуют данные о влиянии типа разрыва капсульно-связочного аппарата плечевого сустава на чувствительность УЗИ в диагностике степени жировой инфильтрации и атрофии надостной мышцы.

Цель исследования

Исследование диагностических возможностей и внутрирейтинговой согласованности экспертов в оценке степени атрофии и жировой дегенерации надостной мышцы ВМП с помощью УЗ-эластографии и фьюжн МРТ/УЗИ.

Материал и методы

128 пациентов с жалобами на ограничение объема движений в плечевом суставе или положительными симптомами надостной, подостной или подлопаточной мышц либо с выявленными изменениями сухожилий ВМП были направлены на комплексное исследование. Из них 68 мужчин, 60 женщин, средний возраст которых составил $58,3 \pm 12,7$ года (от 34 до 85 лет). Пациентам выполнялись клинический осмотр травматологом-ортопедом, рентгенография плечевого сустава в двух проекциях, УЗИ с СЭГ, МРТ, МСКТ (при наличии показаний или при противопоказаниях к МРТ), лечебно-диагностическая артроскопия (по показаниям).

Из 128 пациентов в данное исследование были специально отобраны 72 пациента, у которых УЗИ, МРТ и УЗИ с СЭГ были проведены в одном учреждении – на базе Объединенной больницы с поликлиникой УД Президента РФ. Исследования были выполнены по единому стандарту с включением дистальных отделов ости лопатки для оценки надостной мышцы и имелись качественно выполненные эластограммы.

Кроме того, 29 специально отобранными пациентам было выполнено фьюжн МРТ/УЗИ (11 (38%) женщин и 18 (62%) мужчин).

Клинический осмотр включал в себя функциональную оценку плечевого сустава, визуальный осмотр, тестирование капсульно-связочного аппарата с использованием специально разработанной шкалы оценки боли в плечевом суставе и визуально-аналоговой шкалы VAS, объема активных и пассивных движений, проведение специальных тестов Neer, Hawkins–Kennedy, Jobe и др. Средние значения клинических проявлений по специальной шкале оценки боли в плечевом суставе составили 37 ± 12 баллов (от 23 до 47), по шкале VAS – $5,7 \pm 2,3$ балла (от 1 до 8), при этом у более чем половины больных (56%) оценивали в 6–8 баллов. Связь клинических проявлений с острой травмой плечевого сустава наблюдалась в 15% случаев, застарелая травма была в 22% случаев, в остальных 63% случаев отсутствовала четкая связь между клиническими симптомами и моментом травмы. В 76% случаев боли были в правом плечевом суставе, в 94% это была доминантная рука.



Протокол МРТ-исследования плечевого сустава

МРТ проводили на аппарате GE Signa HDxt с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл с применением специальной катушки. Исследование выполняли в стандартных программах и срезах для проведения сопоставлений с УЗИ.

Использовали комбинацию различных изображений с использованием импульсных последовательностей в T1- и T2-взвешенном изображении (ВИ), изображений, взвешенных по протонной плотности, в том числе с эффектом подавления жира. Технические параметры представлены в табл. 1. Была добавлена последовательность с трехмерной реконструкцией для специально отобранных пациентов, направленных на фьюжн МРТ/УЗИ.

Протокол УЗИ плечевого сустава с СЭГ

УЗИ проводили на аппарате MyLab Class C (Esaote) экспертного класса, оснащенного опцией компрессионной СЭГ, высокочастотным датчиком 10–18 МГц. УЗИ плечевого сустава выполняли по стандартной схеме, описанной ранее [21–24]. Исследуемая конечность была согнута в локтевом суставе и свободно лежала на одноименном бедре пациента ладонью вверх. Исследователь проводил оценку надостной мышцы стоя сбоку от пациента. Положение УЗ-датчика было перпендикулярно проекции хода волокон надостной мышцы, что соответствовало косой сагиттальной проекции МРТ.

СЭГ-изображения надостной мышцы были получены при перпендикулярном положении датчика относительно мышцы с легкой компрессией. Качество полученной эластограммы контролировалось шкалой качества на экране монитора. Учитывали лишь качественные эластограммы надостной мышцы. Окно опроса при СЭГ включало в зону интереса надостную мышцу, трапецевидную мышцу и часть подкожного жира.

Для проведения методики фьюжн применяли специальное оборудование: небольшой магнит, который располагался рядом с пациентом, и миниатюрный магнитный сенсор, который крепился на УЗ-датчике, обеспечивавший распознавание

позиции датчика в пространстве относительно тела пациента. Магнит создавал вокруг пациента слабое магнитное поле в радиусе 60–70 см. В отличие от стандартного доступа для исследования плечевого сустава при фьюжн совмещении пациент располагался лежа, исследуемое плечо смещалось к краю кушетки, рука согнута в локтевом суставе, ладонь заведена за спину. В этой позиции осуществлялся более полный доступ к сухожилию надостной мышцы и исключались возможные смещения пациента во время исследования.

В память УЗ-аппарата загружался DICOM-массив 3D-данных МРТ плечевого сустава для улучшения навигации при фьюжн или отдельно сагиттальный и корональный срезы в режиме протонной плотности с жироподавлением PD Fatsat. Выбирался томографический срез, пользуясь реперными точками (например, ключично-акромиальное сочленение при косо-сагиттальном срезе или ход сухожилия длинной головки бицепса при косом корональном срезе), и такой же срез получался при УЗИ. После этого изображения помечались как эквивалентные и проводилось их автоматическое слияние. Далее любое изменение положения УЗ-датчика автоматически изменяло и проекцию МРТ-изображения. После слияния изображений при фьюжн УЗИ получали типичные косые корональные и сагиттальные срезы сухожилия надостной мышцы во взаимно перпендикулярных проекциях. В процессе использования фьюжн применялся режим СЭГ. Эта методика накладывалась в реальном времени на лучевое изображение косого поперечного среза брюшка надостной мышцы при МРТ.

Анализ МРТ- и УЗ-изображений

Жировая инфильтрация надостной мышцы оценивалась на косых сагиттальных T1ВИ-срезах максимально латерально, в которых брюшко мышцы располагалось в надостной ямке, образованной местом соединения ости лопатки с телом. Степень жировой инфильтрации надостной мышцы оценивали по 5-балльной шкале, согласно классификации D. Goutallier и соавт. [8]. При УЗИ в режиме серой шкалы эхогенность мышцы в со-

Таблица 1. Протокол МРТ-исследования

МРТ-срезы	Технические параметры МРТ
Косая корональная проекция T2ВИ	TR 4400, TE 87, 3 мм, FOV 16 см
Косая корональная проекция, протонная плотность с подавлением жира	TR 2400, TE 12, 3 мм, FOV 16 см
Косая сагиттальная проекция, протонная плотность с подавлением жира	TR 3300, TE 12, 3 мм, FOV 16 см
Косая сагиттальная проекция T1ВИ	TR 620, TE 12, 3 мм, FOV 16 см
Поперечная проекция, протонная плотность с подавлением жира	TR 3300, TE 12, 3 мм, FOV 16 см



Таблица 2. Сводная таблица признаков по МРТ, УЗИ и СЭГ, характеризующих наличие жировой дегенерации (ЖД) надостной мышцы

Степень ЖД	МРТ-характеристики	УЗ-критерии, эхогенность	УЗ-критерии, структура	СЭГ-характеристики
Степень 0	Нет внутри-мышечного жира	Изоэхогенна трапецевидной мышце	Четко прослеживаются внутримышечные фиброзные прослойки и перистая структура мышцы	Абсолютно доминантный зеленый цвет
Степень 1	Некоторые включения жира в структуре мышечной ткани			
Степень 2	Больше мышцы, чем жира	Незначительное повышение эхогенности по сравнению с трапецевидной мышцей	Частично прослеживаются фиброзные внутримышечные прослойки и перистая структура мышцы размыта	Превалирует зеленый цвет над красным (более S)
Степень 3	Количество жира равно количеству мышечной ткани			
Степень 4	Жировой ткани больше, чем мышечной	Значительное повышение эхогенности в сопоставлении с трапецевидной мышцей	Не прослеживаются фиброзные внутримышечные прослойки и отсутствует перистая структура мышцы	Не превалирует зеленый цвет (менее S)

поставлении с эхогенностью вышележащей трапецевидной мышцы оценивали по 3-балльной шкале (где 0 – отсутствие внутримышечного жира, 1 – мышечная ткань преобладает над жировой, 2 – жировая ткань преобладает над мышечной), изучалось наличие характерной перистой структуры мышцы или ее отсутствие. Степень жировой дегенерации при СЭГ оценивали по 3-балльной шкале.

Условиями для диагноза “жировая инфильтрация” при МРТ служили степени 2, 3, 4 по классификации D. Goutalier, при УЗИ – степени 1 и 2, при СЭГ – степени 1 и 2. Если при МРТ выявлялись степени 0 и 1 жировой инфильтрации, при УЗИ степень 0 и при СЭГ степень 0, то диагноз “жировая инфильтрация” исключался.

Для расчета информативности всех методик была разработана сводная таблица, включавшая в себя признаки по МРТ, УЗИ и СЭГ, и усовершенствованы критерии диагностики наличия или отсутствия жировой инфильтрации надостной мышцы (табл. 2).

Для оценки степени атрофии надостной мышцы рассчитывалась площадь, занимаемая брюшком мышцы, по отношению к площади самой надостной ямки (OR) на косых сагиттальных срезах при МРТ в T1ВИ. Аналогичный срез получали при УЗИ, накладывали изображение СЭГ при проведении слияния фьюжн МРТ/УЗИ (рис. 1).

Выраженность атрофии надостной мышцы при МРТ, УЗИ с СЭГ и при фьюжн оценивалась согласно 3-балльной шкале, разработанной H. Thomazeau [25], где степень 1 диагностировали при значении

ях OR от 1 до 0,6 (норма или легкая атрофия), степень 2 – при значениях OR от 0,6 до 0,4 (умеренная атрофия), степень 3 – при значениях OR менее 0,4 (выраженная атрофия).

При УЗИ в режиме серой шкалы надостная мышца с наличием выраженной атрофии отличалась по эхогенности от окружающей ее жировой ткани, что позволяло визуализировать ее контуры, тогда как при минимальной или легкой атрофии обе ткани не отличались по эхогенности, что затрудняло выделение мышцы и ее измерение. При СЭГ жировая ткань окрашивалась отлично от мышечной в яркие зеленые и красные цвета, это позволяло точнее выделить более плотную мышечную ткань синего цвета от жировой.

Для исследования межэкспертной согласованности заключений при СЭГ два эксперта оценивали полученные соноэластограммы. Исследователь, выполнявший УЗИ с СЭГ, не знал о результатах МРТ-исследования и о результатах клинического осмотра. Исследователь, выполнявший фьюжн МРТ/УЗИ, знал о заключении клинициста и о заключении МРТ, поэтому данные о согласованности при фьюжн МРТ/УЗИ не рассчитывались.

Статистические исследования

Рассчитывали чувствительность стандартной технологии УЗИ в В-режиме, УЗИ с СЭГ при сопоставлении с референтным методом МРТ в оценке степени жировой дегенерации и атрофии надостной мышцы.

Рассчитывалась межэкспертная согласованность в заключениях о наличии жировой дегенера-

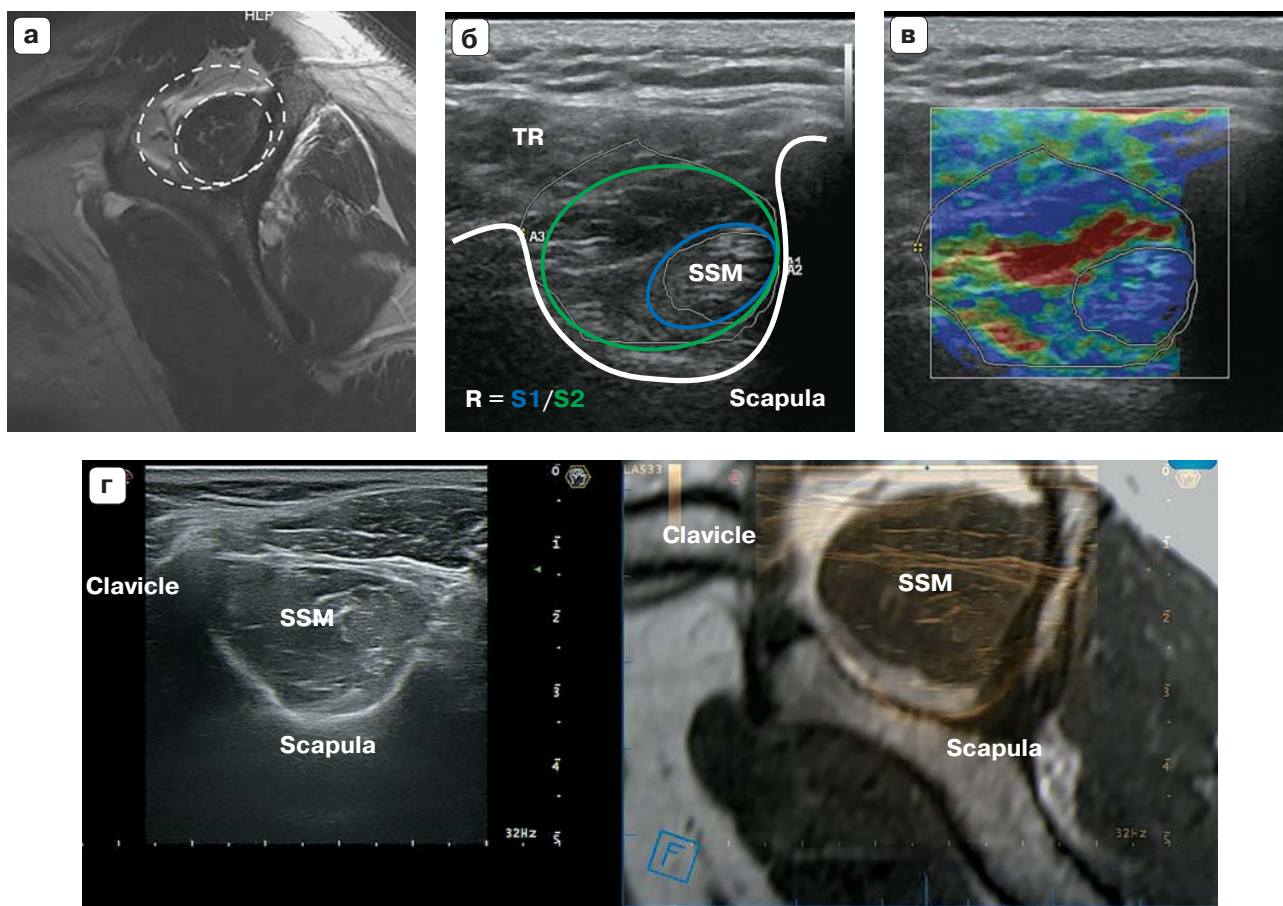
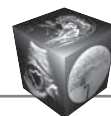


Рис. 1. Схема расчета коэффициента занимаемой площади надостной мышцы по отношению к надостной ямке (OR). а – по МРТ; б – по УЗИ (где TR-трапециевидная мышца, SSM – надостная мышца, scapula – ость лопатки); в – при СЭГ; г – при фьюжн МРТ/УЗИ (где SSM – надостная мышца, scapula – ость лопатки, clavicle – ключица).

ции и атрофии по данным СЭГ (согласно значениям коэффициента каппа): “плохая согласованность” 0,00–0,20; “слабая согласованность” 0,21–0,40; “умеренная согласованность” 0,41–0,60; “хорошая согласованность” 0,61–0,80; “отличная согласованность” 0,81–1,00.

Результаты

По результатам комплексного исследования разрывы ВМП были выявлены у 40 больных (полный разрыв сухожилий ВМП – 10 человек, частичный разрыв сухожилий ВМП – 30 пациентов), дегенеративные изменения сухожилия надостной мышцы и хронический тендинит – у 28 пациентов, кальцифицирующий тендинит – у 4. Хрящевые повреждения, выявленные при МРТ, были следующими: повреждения фиброзной губы по типу SLAP – 4, повреждения фиброзной губы по типу Bankart I–III – 4, повреждения типа Hill–Sachs – 4, повреждения фиброзной губы по типу bony Bankart (авульсивный отрыв фиброзной губы) – 2, дегене-

ративные повреждения фиброзной губы – 2, повреждение капсулы сустава – 4, хондромалиция гленоида и головки плечевой кости – 4.

Атрофия надостной мышцы 1-й степени по данным МРТ выявлена у 43 (60%) пациентов, 2-й степени – у 24 (33%), 3-й степени – у 5 (7%).

Чувствительность УЗИ с СЭГ в выявлении атрофии надостной мышцы при сопоставлении с референтным методом МРТ составила 76% (55 из 72 больных), причем чем выше степень атрофии надостной мышцы, тем точнее были показатели чувствительности при УЗИ с СЭГ. Так, чувствительность УЗИ с СЭГ при 1-й степени мышечной атрофии составила 65% (28 из 43), при 2-й степени – 92% (22 из 24), при 3-й степени – 100% (5 из 5). Чувствительность стандартного УЗИ в выявлении степени мышечной атрофии была ниже, чем чувствительность комбинированной методики, и составляла в целом 53% (38 из 72 больных): при 1-й степени – 42% (18 из 43), при 2-й степени – 67% (16 из 24), при 3-й степени – 80% (4 из 5 пациентов).

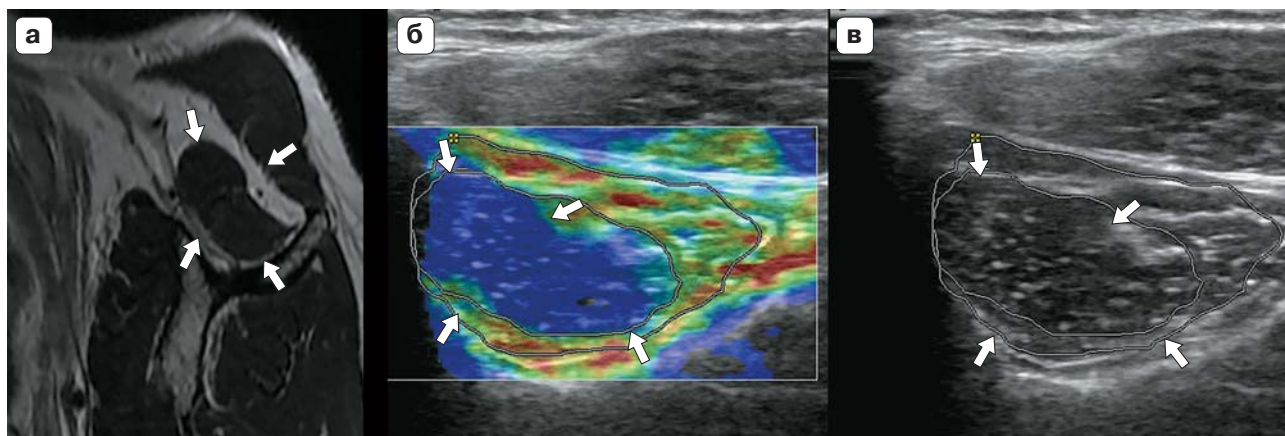


Рис. 2. Умеренная атрофия надостной мышцы, 2-я степень по Н. Thomazeau [25]. Сопоставление данных МРТ, УЗИ и УЗИ с СЭГ в оценке степени жировой инфильтрации (стрелками обозначены контуры надостной мышцы). а – МР-изображение, косой сагиттальный срез через брюшко надостной мышцы. T1ВИ. Четко виден контраст между гиперинтенсивным жиром и гипоинтенсивной мышечной тканью. OR – 0,56 (соответствует 2-й степени атрофии); б – соноэластограмма надостной мышцы. Мышца окрашивается в синий цвет. Окружающий жир окрашен в зелено-красный цвет. OR – 0,56 (полностью соответствует данным МРТ); в – УЗ-изображение в В-режиме надостной мышцы. Мышца неотличима по эхогенности от жира. Затруднения при подсчете OR.

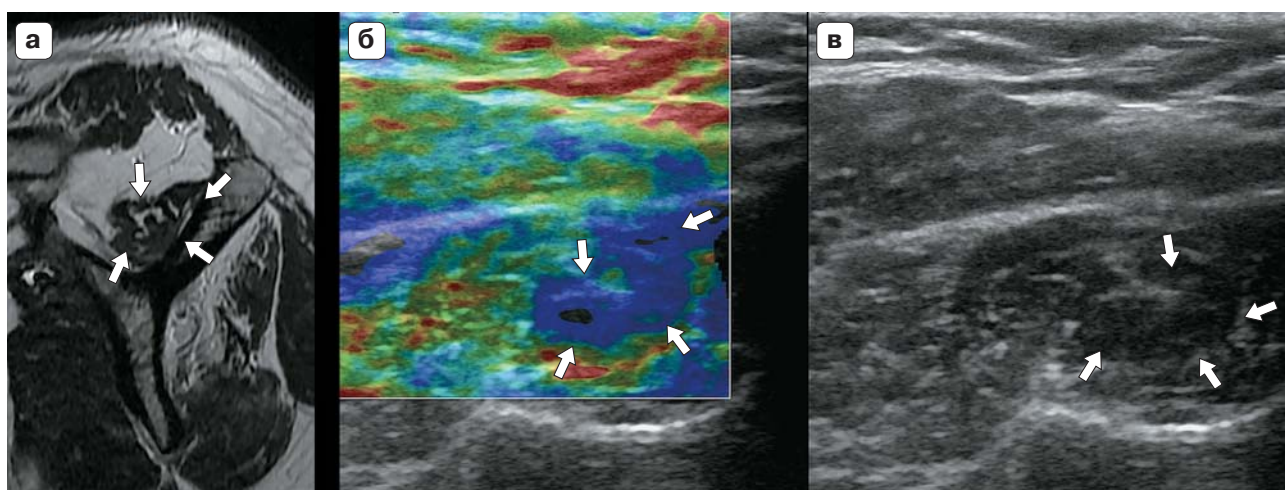


Рис. 3. Случай полного разрыва сухожилия надостной мышцы. Сопоставление данных МРТ, УЗИ и СЭГ. Выраженная степень атрофии по Н. Thomazeau [25] – 3 (стрелками обозначены контуры надостной мышцы). а – МР-изображение, косой сагиттальный срез через брюшко надостной мышцы. T1ВИ. Четко виден контраст между гиперинтенсивным жиром и гипоинтенсивной мышечной тканью. OR – 0,36 (соответствует 2-й степени атрофии); б – соноэластограмма надостной мышцы. Мышца окрашивается в синий цвет. Окружающий жир окрашен в зелено-красный цвет. OR – 0,34 (полностью соответствует данным МРТ); в – УЗ-изображение в В-режиме надостной мышцы. Мышца несколько ниже по эхогенности, чем жир, что позволяет провести расчет OR. OR = 0,38.

Чувствительность в выявлении жировой дегенерации надостной мышцы была 85% при УЗИ с СЭГ и 65% при стандартном УЗИ. СЭГ улучшила диагностику жировой дегенерации за счет добавления контраста между мышцей и жиром, оценивая плотность тканей. Жировая ткань окрашивалась красным или зеленым цветом (ткань низкой плотности), в то время как мышечная ткань приобретала синий цвет (высокоплотная ткань) (рис. 2). СЭГ за счет улучшения контраста между мышеч-

ной и жировой тканями точнее определяла степень мышечной атрофии по сравнению со стандартным УЗИ.

Стандартное УЗИ в режиме серой шкалы было неспособно дифференцировать мышечную ткань от жира в 66% случаев частичных разрывов в связи с тем, что эхогенность обеих тканей была одинаковой.

СЭГ была более чувствительна в выявлении жировой дегенерации и степени атрофии при пол-

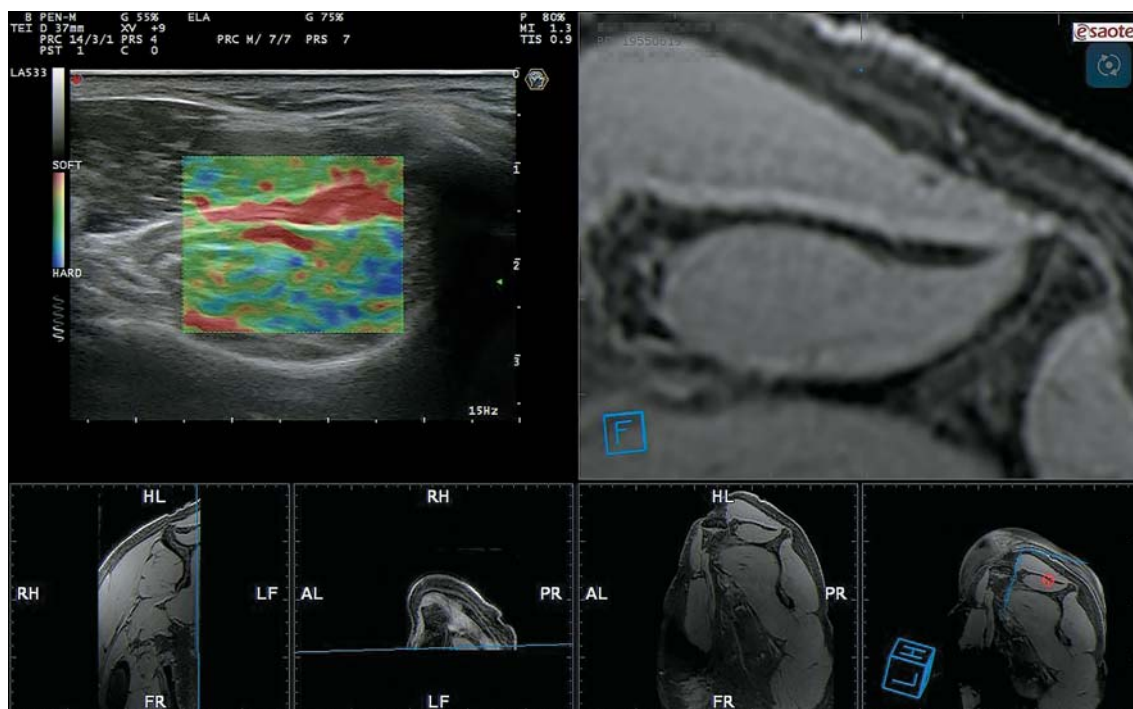
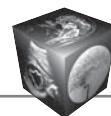


Рис. 4. Фьюжн МРТ/УЗИ с соноластографией.

ных разрывах сухожилия надостной мышцы, чем при частичных разрывах. По нашим данным, УЗИ с СЭГ в сопоставлении с МРТ во всех случаях полных разрывов со 100% точностью указало степень жировой инфильтрации и стадию мышечной атрофии, тогда как при частичных разрывах сухожилия надостной мышцы чувствительность УЗИ с СЭГ снижалась до 66% (рис. 3).

Согласованность экспертов между МРТ и УЗИ с СЭГ в отношении степени жировой дегенерации надостной мышцы была хорошей (значение коэффициента карра = 0,78).

Межэкспертная согласованность в заключениях о наличии жировой дегенерации по данным УЗИ была низкой – 0,41, а УЗИ с СЭГ – хорошей – 0,71.

Ограничение размеров окна опроса при УЗИ с СЭГ также было лимитирующим фактором для оценки надостной мышцы.

В связи с этим нами был дополнительно включен этап фьюжн МРТ/УЗИ у тех пациентов, у которых имелись анатомические и конституциональные сложности в оценке надостной мышцы. Методика фьюжн МРТ/УЗИ позволяла преодолеть эти трудности и вывести сопоставимое изображение при УЗИ одновременно в реальном времени с сохраненных ранее МР-томограмм, а наложение режима СЭГ на УЗ-картинку – оценить степень жировой инфильтрации и провести измерения степени атрофии надостной мышцы более

точно (рис. 4). Кроме того, одновременная демонстрация двух технологий, различных по способу получения и отображаемым характеристикам, привнесла большее понимание в анатомию плечевого сустава и характер травматических повреждений.

Обсуждение

Несмотря на то что МРТ является “золотым стандартом” в оценке атрофии и жировой дегенерации надостной мышцы плечевого сустава, УЗ-метод благодаря таким инновациям, как СЭГ и гибридные технологии фьюжн, также значительно улучшил свои диагностические возможности [14, 20, 21]. УЗ-метод уже давно перешел из просто структурного на функциональный уровень диагностики, что особенно важно при исследовании пациентов в травматологии. СЭГ появилась сравнительно недавно, но уже прочно зарекомендовала себя как надежный метод дифференцировки доброкачественного процесса от злокачественного в маммологии, тиреоидологии, гинекологии, урологии [26, 27]. Степень деформации нормальной и патологической ткани в ответ на компрессию или сжатие легко можно поводить при исследовании мышечно-скелетной системы поверхностным датчиком. Возможность проведения специфических тестов и функциональных проб в реальном времени, сочетание структурной оценки с особенностями васкуляризации и исследова-



нием плотности обеспечили несомненный интерес к применению этого метода для исследования мягкотканых структур плечевого сустава [28]. Рядом исследователей уже предпринимались попытки оценки степени жировой дегенерации с помощью комбинации методов [10, 11, 13, 22–24]. Нам представляется перспективным использование СЭГ для повышения достоверности диагностики признаков и стадии жировой инфильтрации мышц у пациентов с болями и дисфункцией плечевого сустава уже на этапе стандартного УЗИ. Эта информация играет важную роль при планировании тактики лечения, особенно при невозможности проведения МРТ или наличии противопоказаний.

Первоначально при исследовании K. Strobel и соавт. в 2005 г. были получены неудовлетворительные результаты применения УЗИ в оценке степени атрофии и жировой дегенерации, чувствительность УЗИ составила всего 75% [22]. В последующих работах L. Wall и соавт. в 2012 г. уже получена чувствительность 92,5% при хорошей межэкспертной согласованности (каппа = 0,71), с хорошей согласованностью между МРТ и УЗИ в диагностике наличия атрофии и жировой дегенерации составила (каппа = 0,78). Они применяли уже более совершенные УЗ-приборы и датчики [23].

Корейские специалисты J. Seo и соавт. в 2014 г. провели исследование степени жировой дегенерации надостной мышцы у 98 пациентов с помощью МРТ, УЗИ и СЭГ [13]. Они установили, что СЭГ является отличным методом, не уступающим по информативности МРТ в исследовании надостной мышцы, с чувствительностью 95,6%, специфичностью 87,5%, точностью 91,1%. По их данным, имеется хорошая межэкспертная согласованность в отношении жировой дегенерации надостной мышцы между МРТ, УЗИ и СЭГ (каппа = 0,78). К сожалению, в работе не было указано, какой тип повреждений сухожильно-связочного аппарата плечевого сустава имел место.

В нашей работе чувствительность традиционного УЗИ в сравнении с УЗИ с СЭГ в выявлении степени атрофии надостной мышцы при сопоставлении с референтным методом МРТ составила 53 и 76% соответственно, причем чем выше степень атрофии надостной мышцы, тем точнее показатели чувствительности УЗИ и УЗИ с СЭГ.

Чувствительность УЗИ и УЗИ с СЭГ в выявлении жировой дегенерации надостной мышцы по сравнению с УЗИ была выше – 65 и 85% соответственно. Нами было отмечено, что СЭГ была более чувствительна в выявлении жировой инфильтрации надостной мышцы при полных разрывах сухожилия, чем при частичных. Во всех случаях полных

разрывов УЗИ с СЭГ со 100% точностью указало степень жировой инфильтрации и стадию мышечной атрофии, тогда как при частичных разрывах сухожилия надостной мышцы чувствительность УЗИ с СЭГ снижалась до 66%. Согласованность экспертов между МРТ и УЗИ с СЭГ в отношении степени жировой дегенерации надостной мышцы была хорошей (каппа = 0,78). По нашим данным, межэкспертная согласованность в заключениях о наличии жировой дегенерации по данным УЗИ была низкой – 0,41, а при УЗИ с СЭГ – хорошей – 0,71, что согласуется с результатами J.-B. Seo и соавт. [13].

Одним из ограничений при проведении УЗИ с СЭГ для исследования жировой дегенерации являлось избыточное развитие подкожно-жировой клетчатки, затрудняющей качественную оценку СЭГ-изображений. Субъективность УЗИ, квалификация специалиста и фактор качества СЭГ-изображений также влияли на информативность заключений экспертов.

Мы также считаем, что одним из существенных недостатков методики, снижающих информативность СЭГ в оценке степени жировой дегенерации, являлся артефакт от ости лопатки, возникающий на границе твердой и мягкой ткани. Этот признак также был описан в работе J.-B. Seo и соавт. [13]. Этот артефакт окрашивал надостную мышцу по задней поверхности, прилегающую к ости лопатки, в зелено-красный цвет, поэтому площадь, занимаемая брюшком мышцы, оцениваемая при СЭГ у пациентов с наличием этого артефакта, при расчете OR была меньше, чем при МРТ.

Новые технологии, предусматривающие сочетание использования КТ, МРТ и УЗИ, стали все шире применяться в травматологии и спортивной медицине. Простота и доступность метода УЗИ, отсутствие лучевой нагрузки, проведение динамических функциональных проб в реальном времени и возможность синхронизации с изображениями МРТ или КТ обеспечили возрастающий интерес к применению фьюжн УЗИ при исследовании мышечно-скелетной системы. Использование фьюжн в травматологии еще только изучается. Ведущим преимуществом фьюжн в травматологии, по мнению исследователей, является возможность преодоления основного недостатка УЗИ – узкого поля обзора. За счет совмещения двух методик при использовании фьюжн расширяется область визуализации. Улучшается пространственное восприятие внутрисуставных структур и всего капсульно-связочного аппарата суставов. Использование фьюжн помогает в понимании мышечно-скелетной анатомии и характера травматических повреждений. Конечно, для работы требуются навыки



освоения и специальные знания мышечно-скелетной радиологии. Мы также считаем, что гибридную технологию рекомендуется применять для обучения УЗИ мышечно-скелетной системы для улучшения идентификации анатомических объектов на этапе последилового обучения. Лучшее понимание патологического процесса и анатомии сустава достигнуто при непосредственной работе с технологией фьюжн самими ортопедами [19]. В процессе гибридного исследования врач-специалист оперирует виртуальными МРТ-данными в реальном времени, проводя по интересующему объекту УЗ-датчиком и исследуя именно те участки, которые интересны с позиций хирургической тактики, поэтому фьюжн МРТ/УЗИ помогает при исследовании пациентов, направляемых на артроскопию плечевого сустава.

Заключение

СЭГ позволяет повысить диагностические возможности УЗИ в выявлении атрофии и степени жировой дегенерации надостной мышцы при сопоставлении с МРТ. Это должно обеспечить более точную диагностику, выбор наиболее оптимального метода лечения, точное предоперационное планирование и общее сокращение продолжительности исследования пациентов с болями в плечевом суставе.

Список литературы

- Itoigawa Y., Kishimoto K.N., Sano H., Kaneko K., Itoi E. Molecular mechanism of fatty degeneration in rotator cuff muscle with tendon rupture. *J. Orthop. Res.* 2011; 9 (6): 861–866.
- Joshi S.K., Liu X., Samagh S.P., Lovett D.H., Bodine S.C., Kim H.T., Feeley B.T. mTOR regulates fatty infiltration through SREBP-1 and PPAR γ after a combined massive rotator cuff tear and suprascapular nerve injury in rats. *J. Orthop. Res.* 2013; 31 (5): 724–730.
- Liu X., Joshi S.K., Samagh S.P., Dang Y.X., Laron D., Lovett D.H., Kim H.T., Feeley B.T. Evaluation of Akt/mTOR activity in muscle atrophy after rotator cuff tears in a rat model. *J. Orthop. Res.* 2012; 30 (9): 1440–1446.
- Yamaguchi K., Tetro A.M., Blam O., Evanoff B.A., Teefey S.A., Middleton W.D. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: A longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J. Shoulder Elbow. Surg.* 2001; 10 (3): 199–203.
- Gladstone J.N., Bishop J.Y., Lo I.K., Flatow E.L. Fatty infiltration and atrophy of the rotator cuff do not improve after rotator cuff repair and correlate with poor functional outcome. *Am. J. Sports. Med.* 2007; 35 (5): 719–728.
- Shen P.H., Lien S.B., Shen H.C., Lee C.H., Wu S.S., Lin L.C. Long-term functional outcomes after repair of rotator cuff tears correlated with atrophy of the supraspinatus muscles on magnetic resonance images. *J. Shoulder Elbow. Surg.* 2008; 17 (1, Suppl.): 1S–7S.
- Maman E., Harris C., White L., Tomlinson G., Shashank M., Boynton E. Outcome of nonoperative treatment of symptomatic rotator cuff tears monitored by magnetic resonance imaging. *J. Bone Jt Surg. Am.* 2009; 91 (8): 1898–1906.
- Goutallier D., Postel J.M., Van Driessche S., Godefroy D., Radier C. Tension-free cuff repairs with excision of macroscopic tendon lesions and muscular advancement: results in a prospective series with limited fatty muscular degeneration. *J. Shoulder Elbow. Surg.* 2006; 15: 164–172.
- Reimers K., Reimers C.D., Wagner S., Paetzke I., Pongratz D.E. Skeletal muscle sonography: a correlative study of echogenicity and morphology. *J. Ultrasound Med.* 1993; 12: 73–77.
- Sofka C.M., Haddad Z.K., Adler R.S. Detection of muscle atrophy on routine sonography of the shoulder. *J. Ultrasound Med.* 2004; 23: 1031–1034.
- Kawakami Y., Abe T., Kanehisa H., Fukunaga T. Human skeletal muscle size and architecture: variability and interdependence. *Am. J. Hum. Biol.* 2006; 18: 845–848.
- Khouri V., Cardinal J., Brassard P. Sonography Versus MRI of the Shoulder. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190: 1105–1111. DOI:10.2214/AJR.07.2835.
- Seo J.-B., Yoo J.-S., Ryu J.-W. The accuracy of sonoelastography in fatty degeneration of the supraspinatus: a comparison of magnetic resonance imaging and conventional ultrasonography. *J. Ultrasound.* 2014; 17: 279–285. DOI 10.1007/s40477-014-0064-y.
- Botar-Jid C., Vasilescu D., Duda S.M., Damian L., Badea R. Ultrasound elastography in musculoskeletal disorders. *Ultraschall in Med.* 2008; Suppl. 1, OP9.9. (http://www.hitachimedical-systems.eu/fileadmin/hitachi_en/downloads/hi-rte-publications-and-communications-clinical-abstracts--musculoskeletal-applications-11-06-10.pdf).
- Зубарев А.В. Эластография – инновационный метод поиска рака различных локализаций. *Поликлиника.* 2009; 4: 32–37.
- Lalitha P., Reddy M.Ch., Reddy K.J. Musculoskeletal applications of elastography: a pictorial essay of our initial experience. *Korean J. Radiol.* 2011; 12: 365–375.
- Klauser A.S., De Zordo T., Feuchner G.M., Djedovic G., Bellmann Weiler R., Faschingbauer R., Shirmer M., Moriggl B. Fusion of real-time US with CT images to guide sacroiliac joint injection in vitro and in vivo. *Radiology.* 2010; 256 (2): 547–553.
- Салтыкова В.Г., Бурмакова Г.М., Митьков В.В. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в диагностике кальцифицирующего тендинита плечевого сустава. *Медицинская визуализация.* 2013; 6: 78–92.
- Wong-On M., Til-Perez L., Balis R. Evaluation of MRI-US Fusion Technology in sport-related musculoskeletal injuries. *Adv. Ther.* 2015; 32: 580–594. DOI 10.1007/s12325-015-0217-1.
- Гажонова В.Е., Абельцев В.П., Емельяненко М.В., Огнищенко М.П. Технологии fusion при исследовании мышечно-скелетной системы. *Медицинская визуализация.* 2016; 4: 109–118.
- Зубарев А.В., Гажонова В.Е., Долгова И.В. Диагностический ультразвук. Костно-мышечная система. М.: Фирма Стром, 2002. 136 с.
- Strobel K., Hodler J., Meyer D.C., Pfirrmann C.W., Pirkel C., Zanetti M. Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology.* 2005; 237: 584–589.
- Wall L., Teefey Sh., Middleton W., Dahiya N., Steger-May K., Kim H.M. Diagnostic performance and reliability

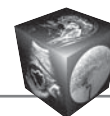


of ultrasonography for fatty degeneration of the rotator cuff muscles. *J. Bone Jt Surg. Am.* 2012; 94: e83 (1–9). DOI: 10.2106/JBJSJ.01899.

24. Gazhonova V., Emelianenko M., Onishchenko M. Ultrasound elastography in detection of supraspinatus muscle atrophy and fatty degeneration in the reference to MRI ECR 2017 / Scientific Paper B-0119. DOI: 10.1594/ecr2017/B-0119
25. Thomazeau H., Boukobza E., Morcet N., Chaperon J., Langlais F. Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1997; 344: 275–283.
26. Зубарев А.В., Башилов В.П., Гажонова В.Е., Картавых А.А., Чуркина С.О., Селиванов Е.С. Соноэластография в дифференциальной диагностике узловых образований щитовидной железы. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2011; 5: 25–28.
27. Гажонова В.Е., Чуркина С.О., Хохлова Е.А., Панфилова Е.А., Лукьянова Е.С., Андрияничева Е.Н., Зубарев А.В. Клиническое применение нового метода соноэластографии в гинекологии. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2008; 2: 18–23.
28. Гажонова В.Е., Емельяненко М.В., Онищенко М.П., Абельцев В.П. Оптимизация лучевого алгоритма исследования при патологии сухожилия надостной мышцы плечевого сустава. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2017; 3: 35–44.

References

1. Itoigawa Y., Kishimoto K.N., Sano H., Kaneko K., Itoi E. Molecular mechanism of fatty degeneration in rotator cuff muscle with tendon rupture. *J. Orthop. Res.* 2011; 9 (6): 861–866.
2. Joshi S.K., Liu X., Samagh S.P., Lovett D.H., Bodine S.C., Kim H.T., Feeley B.T. mTOR regulates fatty infiltration through SREBP-1 and PPAR γ after a combined massive rotator cuff tear and suprascapular nerve injury in rats. *J. Orthop. Res.* 2013; 31 (5): 724–730.
3. Liu X., Joshi S.K., Samagh S.P., Dang Y.X., Laron D., Lovett D.H., Kim H.T., Feeley B.T. Evaluation of Akt/mTOR activity in muscle atrophy after rotator cuff tears in a rat model. *J. Orthop. Res.* 2012; 30 (9): 1440–1446.
4. Yamaguchi K., Tetto A.M., Blam O., Evanoff B.A., Teefey S.A., Middleton W.D. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: A longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J. Shoulder Elbow. Surg.* 2001; 10 (3): 199–203.
5. Gladstone J.N., Bishop J.Y., Lo I.K., Flatow E.L. Fatty infiltration and atrophy of the rotator cuff do not improve after rotator cuff repair and correlate with poor functional outcome. *Am. J. Sports. Med.* 2007; 35 (5): 719–728.
6. Shen P.H., Lien S.B., Shen H.C., Lee C.H., Wu S.S., Lin L.C. Long-term functional outcomes after repair of rotator cuff tears correlated with atrophy of the supraspinatus muscles on magnetic resonance images. *J. Shoulder Elbow. Surg.* 2008; 17 (1, Suppl.): 1S–7S.
7. Maman E., Harris C., White L., Tomlinson G., Shashank M., Boynton E. Outcome of nonoperative treatment of symptomatic rotator cuff tears monitored by magnetic resonance imaging. *J. Bone Jt Surg. Am.* 2009; 91 (8): 1898–1906.
8. Goutallier D., Postel J.M., Van Driessche S., Godefroy D., Radier C. Tension-free cuff repairs with excision of macroscopic tendon lesions and muscular advancement: results in a prospective series with limited fatty muscular degeneration. *J. Shoulder Elbow. Surg.* 2006; 15: 164–172.
9. Reimers K., Reimers C.D., Wagner S., Paetzke I., Pongratz D.E. Skeletal muscle sonography: a correlative study of echogenicity and morphology. *J. Ultrasound Med.* 1993; 12: 73–77.
10. Sofka C.M., Haddad Z.K., Adler R.S. Detection of muscle atrophy on routine sonography of the shoulder. *J. Ultrasound Med.* 2004; 23: 1031–1034.
11. Kawakami Y., Abe T., Kanehisa H., Fukunaga T. Human skeletal muscle size and architecture: variability and interdependence. *Am. J. Hum. Biol.* 2006; 18: 845–848.
12. Khoury V., Cardinal J., Brassard P. Sonography Versus MRI of the Shoulder. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190: 1105–1111. DOI:10.2214/AJR.07.2835.
13. Seo J.-B., Yoo J.-S., Ryu J.-W. The accuracy of sonoelastography in fatty degeneration of the supraspinatus: a comparison of magnetic resonance imaging and conventional ultrasonography. *J. Ultrasound.* 2014; 17: 279–285. DOI 10.1007/s40477-014-0064-y.
14. Botar-Jid C., Vasilescu D., Dudea S.M., Damian L., Badea R. Ultrasound elastography in musculoskeletal disorders. *Ultraschall in Med.* 2008; Suppl. 1, OP9.9. (http://www.hitachimedical-systems.eu/fileadmin/hitachi_en/downloads/hi-rte-publications-and-communications-clinical-abstracts--musculoskeletal-applications-11-06-10.pdf).
15. Zubarev A.V. Elastography – innovation method of searching cancer different sites. *Policlinica.* 2009; 4: 32–37. (In Russian)
16. Lalitha P., Reddy M.Ch., Reddy K.J. Musculoskeletal applications of elastography: a pictorial essay of our initial experience. *Korean J. Radiol.* 2011; 12: 365–375.
17. Klauser A.S., De Zordo T., Feuchtnner G.M., Djedovic G., Bellmann Weiler R., Faschingbauer R., Shirmer M., Moriggl B. Fusion of real-time US with CT images to guide sacroiliac joint injection in vitro and in vivo. *Radiology.* 2010; 256 (2): 547–553.
18. Saltikova V.G., Burmakova G.M., Mitkov V.V. Ultrasound strain elastography in diagnosis of calcific tendinitis of the shoulder. *Medical Visualization.* 2013; 6: 78–92. (In Russian)
19. Wong-On M., Til-Perez L., Balios R. Evaluation of MRI-US Fusion Technology in sport-related musculoskeletal injuries. *Adv. Ther.* 2015; 32: 580–594. DOI 10.1007/s12325-015-0217-1.
20. Gazhonova V.E., Abelcev V.P., Emelianenko M.V., Onishchenko M.P. Fusion Navigation in Evaluation of Musculo-Skeletal System. *Medical Visualization.* 2016; 4: 109–118. (In Russian)
21. Zubarev A., Gazhonova V., Dolgova I. Diagnostic ultrasound. Musculo-skeletal system. M.: Strom, 2002. 136 p. (In Russian)
22. Strobel K., Hodler J., Meyer D.C., Pfirrmann C.W., Pirkel C., Zanetti M. Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology.* 2005; 237: 584–589.
23. Wall L., Teefey Sh., Middleton W., Dahiya N., Steger-May K., Kim H.M. Diagnostic performance and reliability of ultrasonography for fatty degeneration of the rotator cuff muscles. *J. Bone Jt Surg. Am.* 2012; 94: e83 (1–9). DOI: 10.2106/JBJSJ.01899.
24. Gazhonova V., Emelianenko M., Onishchenko M. Ultrasound elastography in detection of supraspinatus muscle atrophy and fatty degeneration in the reference to MRI



ECR 2017 / Scientific Paper B-0119.

DOI: 10.1594/ecr2017/B-0119

25. Thomazeau H., Boukobza E., Morcet N., Chaperon J., Langlais F. Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1997; 344: 275–283.
26. Zubarev A.V., Bashilov V.P., Gazhonova V.E., Kartavikh A.A., Churkina S.O. Sonoelastography in differential diagnosis of thyroid nodes. *Khirurgiya. Journal imeni N.I. Pirogova.* 2011; 5: 25–28. (In Russian)
27. Gazhonova V.E., Churkina S.O., Khohlova E.A., Panfilova E.A., Lukiyanova E.S., Andriyanicheva E.N., Zubarev A.V. Clinical utility of method sonoelastography in gynecology. *Kremlin medicine. Clinicheskiy vestnik.* 2008; 2: 18–23. (In Russian)
28. Gazhonova V.E., Emelianenko M.V., Onischenko M.P., Abelcev V.P. Optimization of diagnostic algorithm of evaluation of supraspinatus tendon pathology. *Clinicheskiy vestnik. Kremlin medicine. Clinicheskiy vestnik.* 2017; 3: 35–44. (In Russian)

Поступила в редакцию 31.08.2017.
Принята к печати 11.09.2017.

Received on 31.08.2017.
Accepted for publication on 11.09.2017.