УДК 616.7

DOI 10.17802/2306-1278-2020-9-3-21-29

МР-МЕТОДИКА Т2-КАРТИРОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ АКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ МИОПАТИЯХ

О.Б. Богомякова¹, М.А. Тавлуй², А.А. Савелов¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт «Международный томографический центр» Сибирского отделения Российской академии наук, ул. Институтская 3а, Новосибирск, Российская Федерация, 630090; ²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», ул. Пирогова, 1, Новосибирск, Российская Федерация, 630090

Основные положения

- Специализированные количественные МР-методики помогают выявить структурные изменения в отдельных мышцах при воспалительных миопатиях.

ORIGINAL STUDIES

Цель	Изучить возможности МР-методики Т2-картирования и оценить изменение времени Т2-релаксации у пациентов с воспалительными миопатиями в разной стадии активности.
Материалы и методы	На МР-томографе Ingenia 3.0T (Philips, США) оптимизирована методика Т2-картирования для оценки структурных изменений мышечной ткани. Оценено время Т2-релаксации мышц бедра и голени (прямая и латеральная широкая, большая приводящая мышцы бедра, камбаловидная и икроножная мышцы, передняя большеберцовая мышца) в группе контроля (9 человек) и исследуемой группе пациентов с дермато- и полимиозитом в разной фазе активности процесса (6 человек).
Результаты	В группе контроля получены следующие значения времени Т2-релаксации: прямая мышца бедра – 78,2 (74,4; 86,9) мс, широкая латеральная мышца бедра – 79,5 (78,4; 82,4) мс, большая приводящая мышца – 77,1 (76,1; 79,4) мс, камбаловидная мышца – 92,9 (90,5; 93,4) мс, передняя большеберцовая мышца – 89,4 (88,8; 89,6) мс; икроножная мышца: медиальная головка – 93,7 (93,1; 94,8) мс, латеральная головка – 92,9 (91,6; 94,4) мс. У пациенток с поли- и дерматомиозитом в активной фазе выявлено повышение интенсивности сигнала на STIR и PD-SPAIR в структуре прямой мышцы бедра, камбаловидной и икроножной мышц, а также увеличение времени Т2-релаксации на 40–49% ($p < 0,01$). У пациенток с полимиозитом в стадии медикаментозного лечения и клинической ремиссии значимого изменения времени Т2-релаксации не обнаружено. У пациенток с дерматомиозитом в стадии лабораторной ремиссии, но клинического ухудшения отмечено увеличение времени Т2-релаксации в структуре длинных мышц спины, прямой и широкой латеральной мышц бедра на 15–25% ($p < 0,05$). При этом статистически значимого изменения сигнальных характеристик на STIR и PD-SPAIR не выявлено.
Заключение	Показана чувствительность методики в выявлении подострого отека мышечной ткани при отсутствии значимых изменений сигнальных характеристик на рутинных МР-последовательностях.
Ключевые слова	Магнитно-резонансная томография • Полимиозит • Дерматомиозит • Т2-релаксометрия

Поступила в редакцию: 22.07.2020; поступила после доработки: 02.08.2020; принята к печати: 22.08.2020

EXPERIENCE OF APPLICATION OF T2-MAPPING MRI ASSESSMENT OF INFLAMMATORY MYOPATHIES

O.B. Bogomyakova¹, M.A. Tavлуй², A.A. Savelov¹

¹International Tomography Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Institutskaya St. 3a, Novosibirsk, 630090, Russian Federation; ²Novosibirsk State University, Pirogova St. 1, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Для корреспонденции: Ольга Борисовна Богомякова, bogom_o@tomo.nsc.ru; адрес: ул. Институтская 3а, Новосибирск, Россия, 630090

Corresponding author: Olga B. Bogomyakova, bogom_o@tomo.nsc.ru; address: 3a, Institutskaya St., Novosibirsk, Russian Federation, 630090

Highlights

- Specialized quantitative MRI techniques allow identifying structural changes in individual muscles in inflammatory myopathies.

Aim

To evaluate the role of T2 mapping MRI and to evaluate specific changes in T2 relaxation time in patients with inflammatory myopathies at different stages of the disease process.

Methods

T2 mapping technique for assessing structural changes in muscle tissues was optimized for the Philips “Ingenia” 3.0T MR scanner. T2 relaxation (T2rt) time of the thigh and lower leg muscles (muscle rectus femoris, m. vastus lateralis, m. adductor magnus, m. soleus, m. tibialis anterior, medial and lateral head of m. gastrocnemius) was assessed in the control group (n = 9) and the study group (n = 6). Patients recruited in the study group suffered from dermatomyositis and polymyositis of various severity.

Results

The following values of T2rt were obtained in the control group: m.rectus femoris – 78.2±6.9 ms, m.vastus lateralis – 79.5±4.8 ms, m.adductor magnus – 77.1±4.4 ms, m. soleus – 92.9±4.3 ms, m. tibialis anterior – 89.4±1.3 ms, m.gastrocnemius medial head – 93.7±2.4 ms, m.gastrocnemius lateral head – 92.9±3.5 ms. Patients with polymyositis and dermatomyositis showed an increase in the signal intensity on STIR and PD-SPAIR in the structure of m.soleus, m. gastrocnemius, m.rectus femoris, as well as a significant increase in T2rt of 40–49% (p<0.01). T2rt values did not differ in patients with polymyositis who received drug therapy and had clinical remission. Patients with dermatomyositis who had laboratory remission along with the deterioration reported an increase in T2rt in the structure of long spine muscles, m. rectus femoris and m. vastus lateralis equal to 15–25% (p<0.05). However, none significant changes in the signal characteristics on STIR and PD-SPAIR were reported.

Conclusion

The sensitivity of the reported technique in the detection of sub-acute swelling of muscle tissue in the absence of significant changes in signal characteristics on routine MR sequences had been shown.

Keywords

Magnetic-resonance imaging • Polymyositis • Dermatomyositis • T2-relaxometry

Received: 22.07.2020; received in revised form: 02.08.2020; accepted: 22.08.2020

Список сокращений

ВИ – взвешенное изображение MPT – магнитно-резонансная томография
ВМ – воспалительная миопатия

Введение

Идиопатические воспалительные миопатии (ВМ) представляют собой группу аутоиммунных состояний, характеризующуюся воспалением мышц (миозит) и поражением кожи и других систем органов, что приводит к их дисфункции, ранней инвалидизации и смертности больных [1].

Основные симптомы миозита включают острое (в течение нескольких дней) или подострое (в течение нескольких недель) развитие симметричной слабости проксимальных отделов конечностей. Обычно пациенты предъявляют жалобы на затруднения при ходьбе, подъеме по лестнице или поднятии объекта над головой [2]. Со временем к этим жалобам могут присоединиться симптомы дисфагии, дисфонии и поражения дыхательных мышц. Системные проявления при ВМ могут включать

интерстициальные болезни легких, поражение сердца в виде кардиомиопатий и нарушений ритма, а также общесистемные реакции: лихорадку, слабость, утомляемость, похудение [3].

К наиболее распространенным ВМ относятся полимиозит, характеризующийся развитием преимущественно проксимальной мышечной слабости, и дерматомиозит, представленный в дополнение к мышечному воспалению кожными проявлениями [4].

Диагностика и лечение ВМ часто являются сложной задачей, поскольку требуют нескольких специалистов: ревматолога, невролога, дерматолога, пульмонолога и кардиолога. За исключением классического дерматомиозита диагноз в большинстве случаев неоднозначен и требует комплексного подхода. Как правило, заключение основывается на

совокупности анамнестических, клинических, лабораторных и инструментальных обследований.

К лабораторным маркерам ВМ относятся креатинфосфокиназа, лактатдегидрогеназа, аспартатаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза, альдолаза. Увеличение значений креатинфосфокиназы коррелирует с активностью заболевания, но при дерматомиозите значения могут быть незначительно повышены или находиться в пределах референсных величин, затрудняя диагностику и определение степени активности процесса.

Однако повышение значений мышечных ферментов не всегда специфично для воспалительных миопатий и может наблюдаться при других патологиях, а нормальные значения этих показателей не могут исключить воспалительный процесс в мышцах [5].

Гистологическая оценка биоптата мышечной ткани на сегодняшний день является «золотым стандартом» диагностики ВМ, так как позволяет подтвердить диагноз и исключить невоспалительные миопатии. Однако результаты исследования ограничены участком биопсии и не дают полного представления о поражении мышц.

Электромиография еще одно обязательное исследование при подозрении на мышечную патологию. При введении игловчатых электродов в мышцу можно выявить изменение колебаний потенциалов в группах мышечных волокон и оценить общую степень возбуждения мышцы. При миопатиях чаще всего отмечаются уменьшение длительности потенциалов и повышение спонтанной активности. Исследование проводится для исключения денервации пораженных мышц и определения распространенности процесса [4, 6].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) пока не получила широкого распространения для диагностики и ведения воспалительных миопатий, хотя это исследование является перспективным визуализирующим методом для оценки мышечной системы. Исследование позволяет оценить поражение как глубоких, так и поверхностных мышц, определить оптимальные для проведения биопсии участки, наблюдать/оценивать за течением болезни и результатами лечения [7]. Применение T2-последовательностей без и с подавлением сигнала от жировой ткани позволяет визуализировать увеличение содержания воды, характеризующее активный воспалительный процесс в мышцах [1]. В дополнение к рутинным последовательностям активно развивается применение количественной МР-методики, позволяющей оценивать время T2-релаксации в мышечной ткани [1, 8, 9].

Целью данного исследования стало изучить возможности МР-методики T2-картирования и оценить изменение времени T2-релаксации у пациентов с воспалительными миопатиями в разной стадии активности процесса.

Материалы и методы

Пациенты

В исследование включено 6 больных в возрасте 26–58 лет (средний возраст – 44,2 года): три пациентки с дерматомиозитом и три – с идиопатическим полимиозитом, находящиеся под наблюдением врача-ревматолога в течение 3–12 мес. Диагноз «дерматомиозит» установлен в соответствии с критериями Bohan, Porter [10] и данными гистологического исследования мышечной ткани; диагноз «полимиозит» – на основании клинических (проксимальная мышечная слабость), лабораторных (повышение уровня креатинфосфокиназы, лактатдегидрогеназы, аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы) данных и гистологического исследования мышечной ткани. Группу контроля составили 9 человек в возрасте от 20 до 56 лет (средний возраст – 37,5 года) с отсутствием мышечной патологии и других хронических заболеваний.

Все пациенты, включенные в исследование, подписали информированное согласие на обследование. Исследование проведено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации и одобрено локальным этическим комитетом ФГБУН Институт «Международный томографический центр» СО РАН.

МРТ-исследование

Исследование выполнено на МР-томографе Ingenia (Philips, США) с напряженностью магнитного поля 3,0 Тл. Протокол исследования мышечной ткани (Total Muscular) всех пациенток включал обзорные T1-взвешенные изображения (ВИ) во фронтальной плоскости, состоящие из 6 стеков, которые сшивались в единое изображение; последовательности спинного эха с инверсией-восстановлением – STIR (время повторения – 7 496 мс, время эха – 70 мс, время инверсии – 230 мс, матрица – 188 × 288, толщина среза – 6 мм); прицельные PD-SPAIR (время повторения – 3 058 мс, время эха – 30 мс, матрица – 212 × 327, толщина среза – 5 мм) и T1-ВИ (время повторения – 450 мс, время эха – 10 мс, матрица – 304 × 511, толщина среза – 5 мм) в аксиальной плоскости в одинаковой геометрии, состоящие из 4 стеков на уровне мышц плечевого пояса, тазового пояса, верхней трети бедра и голени. Поле обзора варьировало в зависимости от телосложения пациента, чтобы полностью охватить мышечные структуры на исследуемом уровне.

Кроме того, всем пациентам проведено расширенное МР-исследование, включавшее методику T2-картирования для оценки степени выраженности мышечного отека. Исследование выполнено на уровне бедра (от малого вертела до середины бедренной кости) и голени (от головки до середины малоберцовой кости). Для количественного определения

времени T2-релаксации использована бесконтрастная мультиспиновая мультисекционная последовательность T2-картирования в аксиальной плоскости. Технические характеристики методики были следующими: время повторения – 2 594 мс, время эха – 20 мс, количество повторений – 5, диапазон времени эха – 20–100 мс, матрица – 192×240 , толщина среза – 3 мм, шаг между срезами – 0 мм, поле обзора – 12–15 см (40–50 срезов), время исследования – от 3 мин 30 с до 5 мин 10 с (в зависимости от ширины поля обзора). Всем пациентам рекомендовано ограничить физическую активность в течение 12 ч до проведения МРТ для исключения ложноположительных результатов, поскольку активная физическая нагрузка может приводить к структурным изменениям мышечной ткани и, соответственно, изменению времени T2-релаксации. Также время T2-релаксации может увеличиваться при выраженной жировой дегенерации, поэтому в группе пациентов оценена степень жировой дегенерации по шкале Mercury в модификации Fishera [11].

Кроме того, всем пациентам проведено расширенное МР-исследование, включавшее методику T2-картирования для оценки степени выраженности мышечного отека. Исследование выполнено на уровне бедра (от малого вертела до середины бедренной кости) и голени (от головки до середины малоберцовой кости). Для количественного определения времени T2-релаксации использована бесконтрастная мультиспиновая мультисекционная последовательность T2-картирования в аксиальной плоскости. Технические характеристики методики были следующими: время повторения – 2 594 мс, время эха – 20 мс, количество повторений – 5, диапазон времени эха – 20–100 мс, матрица – 192×240 , толщина среза – 3 мм, шаг между срезами – 0 мм, поле обзора – 12–15 см (40–50 срезов), время исследования – от 3 мин 30 с до 5 мин 10 с (в зависимости от ширины поля обзора). Всем пациентам рекомендовано ограничить физическую активность в течение 12 ч до проведения МРТ для исключения ложноположительных результатов, поскольку активная физическая нагрузка может приводить к структурным изменениям мышечной ткани и, соответственно, изменению времени T2-релаксации. Также время T2-релаксации может увеличиваться при выраженной жировой дегенерации, поэтому в группе пациентов оценена степень жировой дегенерации по шкале Mercury в модификации Fishera [11].

Интерпретация изображений

Для каждого пациента получены T2-карты в аксиальной плоскости. Интенсивность сигнала как функция времени эха аппроксимировалась моноэкспоненциальной функцией для каждого пикселя с помощью метода наименьших квадратов. Карта T2 представляла собой цветовое кодирование пик-

селей, соответствующее диапазону значений времени T2-релаксации. Область интереса (region of interest, ROI) помещалась в виде овального контура одинаковой площади на 10 уровнях в структуре следующих мышц: прямая мышца бедра, латеральная широкая мышца бедра, большая приводящая мышца бедра, передняя большеберцовая мышца, камбаловидная мышца, медиальная и латеральная головки икроножных мышц (рис. 1). Размещение ROI для каждой мышцы генерировало на T2-карте значение времени T2-релаксации, которое усреднялось по 10 измерениям в пределах одной мышцы.

Статистический анализ

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью программного пакета Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Количественные данные представлены в медианы (Me) и интерквартильного размаха (25; 75-й процентиля). Статистическая значимость различий оценена с помощью критерия Манна – Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

В исследование включены три пациентки с диагнозом «полимиозит» и три – с диагнозом «дерматомиозит». Средняя продолжительность течения болезни – 5 лет (от 2 до 8 лет). У двух пациенток выявлено активное мышечное воспаление в виде диффузного повышения интенсивности сигнала на STIR и PD-SPAIR в структуре мышц голени (рис. 2, а); две пациентки находились в стадии клинической и лабораторной ремиссии без признаков изменения интенсивности сигнала в структуре мышц; у двух больных на момент исследования определялось ухудшение клинической симптоматики без явных лабораторных данных за обострение процесса, по данным МРТ отмечалось недостоверное повышение интенсивности сигнала на STIR в структуре отдельных мышц (рис. 2, б). При оценке степени жировой инфильтрации выявлены минимальные диффузные симметричные изменения больших ягодичных мышц, многораздельных мышц спины в виде усиления линейной исчерченности и замещения не более 10% мышечной ткани (0–1-я степень по классификации Mercury); пациенты с выраженной жировой инфильтрацией мышечной ткани (2, 3, 4-я степени по Mercury) не вошли в исследование.

Получены следующие значения времени T2-релаксации у здоровых добровольцев, включенных в исследование: прямая мышца бедра – 78,2 (74,4; 86,9) мс, широкая латеральная мышца бедра – 79,5 (78,4; 82,4) мс, большая приводящая мышца – 77,1 (76,1; 79,4) мс, камбаловидная мышца – 92,9 (90,5; 93,4) мс, передняя большеберцовая мышца – 89,4 (88,8; 89,6) мс, медиальная головка икроножной мышцы – 93,7 (93,1; 94,8) мс, латеральная головка

икроножной мышцы – 92,9 мс (91,6; 94,4). В исследуемой группе выявлено статистически значимое увеличение времени T2-релаксации на 17–25% – для мышц бедра, 18–23% – для мышц голени (рис. 3).

У пациенток с острой фазой заболевания и визуально значимым изменением интенсивности сигнала на STIR и PD-SPAIR выявлено увеличение времени T2-релаксации на 40–49% в зависимости от исследуемой мышцы. Более выраженные из-

менения обнаружены в структуре камбаловидных мышц с повышением времени T2-релаксации до 143,6 (138,2; 147,3) мс ($p<0,01$) (рис. 4).

У пациенток с подострой фазой наблюдалось увеличение значений времени T2-релаксации на 15–25% в зависимости от исследуемой мышцы ($p<0,05$) (рис. 4).

У пациенток с неактивной стадией воспалительной миопатии не выявлено изменения интенсивности

Рисунок 1. Изображения T2-карт здорового добровольца в аксиальной плоскости в оттенках серого для размещения области интереса

Примечание: а – T2-карта на уровне мышц бедра с выделением ROI исследуемых мышц: 1 – прямая мышца бедра, 2 – широкая латеральная мышца бедра, 3 – большая приводящая мышца бедра; б – T2-карта на уровне мышц голени с выделением ROI исследуемых мышц: 1 – передняя большеберцовая мышца, 2 – камбаловидная мышца, 3 – медиальная головка икроножной мышцы, 4 – латеральная головка икроножной мышцы.

Figure 1. Typical T2-maps of a healthy volunteer in the axial plane (regions of interest are shown in grey).

Note: a) T2 map at the level of the thigh muscles with the allocation of the ROI of the studied muscles: 1 – the rectus femoris muscle, 2 – the vastus lateralis muscle, 3 – the adductor magnus muscle; b) T2 map at the tibial muscle level with the ROI of the studied muscles: 1 – the anterior tibial muscle, 2 – the soleus muscle, 3 – the medial head of the gastrocnemius muscle, 4 – the lateral head of the gastrocnemius muscle; ROI – Region of Interest

Рисунок 2. Методика STIR во фронтальной плоскости на уровне мышц голени

Примечание: а – значимое повышение интенсивности сигнала в структуре камбаловидной мышцы у пациентки с полимиозитом в острой фазе; б – незначительное неоднородное повышение интенсивности сигнала в структуре медиальных головок икроножных мышц у пациентки с дерматомиозитом в стадии клинического обострения, сомнительное в идентификации; в – отсутствие изменения интенсивности сигнала в структуре мышц голени у здорового добровольца.

Figure 2. STIR technique in the frontal plane at the level of the leg muscles

Note: a – a significant increase in the signal intensity in the soleus muscle structure in a patient with acute polymyositis; b – a slight non-uniform increase in the signal intensity is shown in the structure of the medial heads of the gastrocnemius muscles in a patient with dermatomyositis during clinical exacerbation, doubtful in identification; c – the absence of changes in the signal intensity in the structure of the muscles of the leg in a healthy volunteer.

сигнала на рутинных последовательностях. Отмечено общее статистически незначимое повышение времени T2-релаксации на 5–16% ($p>0,05$).

Обсуждение

Воспалительные миопатии – патологический процесс, возникающий преимущественно в скелетных мышцах и приводящий к их дегенеративным изменениям. ВМ характеризуется мышечной слабостью, болями в мышцах, резким снижением объема активных движений, развитием контрактур, уплотнением и отечностью мышц. За повреждением мышечных волокон следует восстановление мышц и воспаление, которые возникают на ранних стадиях развития ВМ [12] и в конечном итоге приводят к миофиброзному некрозу и замене миофибрилл на жир [13].

Показано, что при ВМ в стадии активности

процесса имеет место выраженное повышение интенсивности сигнала на T2-ВИ и STIR (вызванное увеличением содержания воды) по данным неколичественной МР-томографии [2, 3]. В нашем исследовании также продемонстрировано значимое изменение интенсивности сигнала, характеризующее стадию острого воспаления и мышечного отека. Время T2-релаксации мышц варьирует между отделами и внутри каждого компартмента вследствие различного содержания воды и взаимодействия воды с макромолекулами [14]. При воспалительном процессе возникает отек, повышается содержание межклеточной жидкости, что способствует усилению сигнала и может увеличить время T2 [1–3]. Как следствие, в стадии активности значимо повышается время T2-релаксации (на 40–49%).

Проведенные ранее исследования показали, что T2-картирование мышц является объективным

Рисунок 3. График времени T2-релаксации в группах контроля и пациентов
Figure 3. T2 relaxation times in the control and study groups

Рисунок 4. График времени T2-релаксации в группах контроля и пациентов с подострым и острым течением дермато- и полимиозита
Figure 4. T2 relaxation time in the control group and patients in the subacute phase and exacerbation of dermatomyositis and polymyositis

количественным методом выявления активного воспаления и отека [15, 16]. В нашем исследовании мы также наблюдали общее повышение времени T2-релаксации в группе пациентов в мышцах бедра на 17–25% и голени – на 18–23% ($p < 0,05$). Учитывая эти вариации T2, выдвинуто предположение, что количественные показатели могут значительно различаться в условиях подострого воспаления. В такой ситуации рутинные методики не всегда позволяют достоверно зафиксировать изменение интенсивности сигнала на T2-ВИ и STIR ввиду чувствительности методик жироводавления к неоднородности магнитного поля, а рутинных методик T2 – к жировой инфильтрации. Как показано в нашем исследовании, количественные показатели позволяют зафиксировать значимое увеличение времени T2-релаксации у пациентов с подострым течением заболевания (клиническим обострением) при сомнительных лабораторных данных.

Таким образом, можно предположить, что T2-картирование является достаточно объективным количественным методом измерения отечных изменений в мышцах. Неколичественная оценка МР-изображений при ВМ носит субъективный характер и может меняться в зависимости от опыта рентгенологов и индивидуальных особенностей пациента. Кроме того, методики жироводавления являются высокочувствительными к неоднородности магнитного поля и могут демонстрировать неоднородное повышение интенсивности сигнала, не связанное с проявлениями заболевания.

Однако применение данной методики имеет свои ограничения. При ВМ в патологический процесс могут быть вовлечены и, соответственно, претерпевать изменения не только мышечные волокна, но и окружающие их структуры (кровеносные сосуды, соединительная и жировая ткань). Поэтому

использование T2-картирования должно быть сопряжено с общим МР-исследованием. Расширенный подход может предоставить информацию о мышечной атрофии, дополнительных включениях в мышечной ткани, структурных изменениях вне мышц [1, 17, 18]. В данном исследовании мы исключили пациентов с выраженной жировой инфильтрацией мышечной ткани. В дальнейшем необходимо расширение группы исследуемых, в том числе с включением больных с разной степенью жировой инфильтрации мышечной ткани, для более полной оценки значений времени T2-релаксации у пациентов с ВМ. Кроме того, требуется привлечение большего числа пациентов с различными формами ВМ на разных этапах лечения, чтобы установить количественные диагностические критерии обострения процесса.

Заключение

Определение времени T2-релаксации может быть эффективным количественным показателем воспаления в мышечной ткани у пациентов с поли- и дерматомиозитом. Изменение показателей статистически значимо коррелирует со степенью активности заболевания.

Конфликт интересов

О.Б. Богомякова заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.А. Тавлуй заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.А. Савелов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Мы благодарим Министерство науки и высшего образования РФ за доступ к МРТ-оборудованию.

Информация об авторах

Богомякова Ольга Борисовна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории МРТ технологии федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт «Международный томографический центр» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-8880-100X

Тавлуй Марина Алексеевна, студентка 5-го курса Института медицины и психологии В. Зельмана федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3654-5531

Савелов Андрей Александрович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории МРТ технологии федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт «Международный томографический центр» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-5332-2607

Author Information Form

Bogomyakova Olga B., MD, Ph.D., researcher at the Laboratory of MRI technologies, International Tomography Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-8880-100X

Tavluys Marina A., a 5-year student at the Institute of Medicine and Psychology, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3654-5531

Savelov Andrey A., Ph.D, senior researcher at the Laboratory of MRI technologies, International Tomography Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-5332-2607

Вклад авторов в статью

БОВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и анализ данных исследования, написание статьи, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ТМА – получение и анализ данных исследования, написание статьи, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

САА – получение и анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

BOB – contribution to the concept and design of the study, data collection and analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

TMA – data collection and analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SAA – data collection and analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maillard S.M., Jones R., Owens C., Pilkington C., Woo P., Wedderburn L.R., Murray K.J. Quantitative assessment of MRI T2 relaxation time of thigh muscles in juvenile dermatomyositis. *Rheumatology*. 2004;43(5):603-608. doi: 10.1093/rheumatology/keh130
2. Schmidt J. Current Classification and Management of Inflammatory Myopathies. *J Neuromuscul Dis*. 2018;5(2):109-129. doi: 10.3233/JND-180308
3. Oldroyd A., Lilleker J., Chinoy H. Idiopathic inflammatory myopathies – a guide to subtypes, diagnostic approach and treatment. *Clin Med*. 2017;17(4):322-328. doi: 10.7861/clinmedicine.17-4-322
4. Литвиненко И.В., Живолупов С.А., Бардаков С.Н., Самарцев И.Н., Рашидов Н.А., Яковлев Е.В. Воспалительные миопатии: патогенез, клиника, диагностика, лечение. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2015;3(51):217-226.
5. Lundberg I.E., Miller F.W., Tjälmlund A., Bottai M. Diagnosis and classification of Idiopathic Inflammatory Myopathies. *Intern Med*. 2016;280(1):39-51. doi: 10.1111/joim.12524
6. Birnkrant D.J., Bushby K., Bann C.M., Apkon S.D., Blackwell A., Brumbaugh D. et al. Diagnosis and management of Duchenne muscular dystrophy, part 1: diagnosis, and neuromuscular, rehabilitation, endocrine, and gastrointestinal and nutritional management. *The Lancet Neurology*. 2018;17(3):1-17. doi: 10.1016/S1474-4422(18)30024-3
7. Shelly M.J., Bolster F., Foran P., Crosbie I., Kavanagh E.C., Eustace S.J. Whole-body magnetic resonance imaging in skeletal muscle disease. *Semin Musculoskeletal Radiol*. 2010;14(1):47–56. doi: 10.1055/s-0030-1248704
8. Jackson G.D., Connelly A., Duncan J.S., Grunewald R.A., Gadian D.G. Detection of hippocampal pathology in intractable partial epilepsy: increased sensitivity with quantitative magnetic resonance. *Neurology*. 1993;43(9):1793-1799. doi: 10.1212/wnl.43.9.1793.
9. Weber M.A., Wolf M., Wattjes M.P. Imaging Patterns of Muscle Atrophy. *Semin Musculoskeletal Radiol*. 2018;22:299–306. doi: 10.1055/s-0038-1641574
10. Bohan A., Peter J.B. Polymyositis and dermatomyositis (first of two parts). *N Engl J Med*. 1975;292(7):344-347. doi: 10.1056/NEJM197502132920706
11. Mercuri E., Pichiecchio A., Allsop J., Messina S., Pane M., Muntony F. Muscle MRI in inherited neuromuscular disorders: past, present, and future. *J Magn Reson Imaging*. 2007;25:433–440. doi: 10.1002/jmri.20804
12. McDouall R.M., Dunn M.J., Dubowitz V. Nature of the mononuclear infiltrate and the mechanism of muscle damage in juvenile dermatomyositis and Duchenne muscular dystrophy. *J Neurol Sci*. 1990;99(2-3):199 – 217.
13. Kliegman R., Nelson W.E. *Nelson textbook of pediatrics*. Philadelphia: Saunders, 2007.
14. Prior B.M., Foley J.M., Jayaraman R.C., Meyer R.A. Pixel T2 distribution in functional magnetic resonance images of muscle. *J Appl Physiol*. 1999;87(6):2107 – 2114. doi: 10.1152/jappl.1999.87.6.2107
15. Baffa A.P., Felisio L.R., Saad M.C., Nogueira-Barbosa M.H., Santos A.C., Bevilacqua-Grossy D. Quantitative MRI of Vastus Medialis, Vastus Lateralis and Gluteus Medius Muscle Workload after Squat Exercise: Comparison Between Squatting with Hip Adduction and Hip Abduction. *J Hum Kinet*. 2012;33:5-14. doi:10.2478/v10078-012-0039-z
16. Kumbhare D.A., Elzibak A.H., Akbary A., Noseworthy M.D. Advanced Skeletal Muscle MR Imaging Approaches in the Assessment of Muscular Dystrophies. *Int J Phys Med Rehabil*. 2014;2(6):248-259. doi:10.4172/2329-9096.1000248
17. Reimers C.D., Schedel H., Fleckenstein J.L., Nagele M., Witt T.N., Pongratz T.E. et al. Magnetic resonance imaging of skeletal muscles in idiopathic inflammatory myopathies of adults. *J Neurol*. 1994; 241(5):306-314. doi: 10.1007/BF00868438
18. Klupp E., Weidlich D., Schlaeger S., Baum T., Cervantes B., Deschauer M. et al. B1-insensitive T2 mapping of healthy thigh muscles using a T2-prepared 3D TSE sequence. *PLoS One*. 2017;12(2):e0171337.

REFERENCES

1. Maillard S.M., Jones R., Owens C., Pilkington C., Woo P., Wedderburn L.R., Murray K.J. Quantitative assessment of MRI T2 relaxation time of thigh muscles in juvenile dermatomyositis. *Rheumatology*. 2004;43(5):603-608. doi: 10.1093/rheumatology/keh130
2. Schmidt J. Current Classification and Management of Inflammatory Myopathies. *J Neuromuscul Dis*. 2018;5(2):109-129. doi: 10.3233/JND-180308
3. Oldroyd A., Lilleker J., Chinoy H. Idiopathic inflammatory myopathies – a guide to subtypes, diagnostic approach and treatment. *Clin Med*. 2017;17(4):322-328. doi: 10.7861/clinmedicine.17-4-322
4. Litvinenko I.V., Zhivolupov S.A., Bardakov S.N., Samartsev I.N., Rashidov N.A., Yakovlev E.V. Inflammatory myopathies: pathogenesis, clinical presentation, diagnosis, treatment. *Bulletin of the Russian military medical academy*. 2015;3(51):217-226.
5. Lundberg I.E., Miller F.W., Tjälmlund A., Bottai M. Diagnosis and classification of Idiopathic Inflammatory Myopathies. *Intern Med*. 2016;280(1):39-51. doi: 10.1111/joim.12524

6. Birnkrant D.J., Bushby K., Bann C.M., Apkon S.D., Blackwell A., Brumbaugh D. et al. Diagnosis and management of Duchenne muscular dystrophy, part 1: diagnosis, and neuromuscular, rehabilitation, endocrine, and gastrointestinal and nutritional management. *The Lancet Neurology*. 2018;17(3):1-17. doi: 10.1016/S1474-4422(18)30024-3
7. Shelly M.J., Bolster F., Foran P., Crosbie I., Kavanagh E.C., Eustace S.J. Whole-body magnetic resonance imaging in skeletal muscle disease. *Semin Musculoskeletal Radiol*. 2010;14(1):47-56. doi: 10.1055/s-0030-1248704
8. Jackson G.D., Connelly A., Duncan J.S., Grunewald R.A., Gadian D.G. Detection of hippocampal pathology in intractable partial epilepsy: increased sensitivity with quantitative magnetic resonance. *Neurology*. 1993;43(9):1793-1799. doi: 10.1212/wnl.43.9.1793.
9. Weber M.A., Wolf M., Wattjes M.P. Imaging Patterns of Muscle Atrophy. *Semin Musculoskeletal Radiol*. 2018;22:299-306. doi: 10.1055/s-0038-1641574
10. Bohan A., Peter J.B. Polymyositis and dermatomyositis (first of two parts). *N Engl J Med*. 1975;292(7):344-347. doi: 10.1056/NEJM197502132920706
11. Mercuri E., Pichiecchio A., Allsop J., Messina S., Pane M., Muntony F. Muscle MRI in inherited neuromuscular disorders: past, present, and future. *J Magn Reson Imaging*. 2007;25:433-440. doi: 10.1002/jmri.20804
12. McDouall R.M., Dunn M.J., Dubowitz V. Nature of the mononuclear infiltrate and the mechanism of muscle damage in juvenile dermatomyositis and Duchenne muscular dystrophy. *J Neurol Sci*. 1990;99(2-3):199-217.
13. Kliegman R., Nelson W.E. *Nelson textbook of pediatrics*. Philadelphia, Pa: Saunders, 2007.
14. Prior B.M., Foley J.M., Jayaraman R.C., Meyer R.A. Pixel T2 distribution in functional magnetic resonance images of muscle. *J Appl Physiol*. 1999;87(6):2107-2114. doi: 10.1152/jappl.1999.87.6.2107
15. Baffa A.P., Felisio L.R., Saad M.C., Nogueira-Barbosa M.H., Santos A.C., Bevilacqua-Grossy D. Quantitative MRI of Vastus Medialis, Vastus Lateralis and Gluteus Medius Muscle Workload after Squat Exercise: Comparison Between Squatting with Hip Adduction and Hip Abduction. *J Hum Kinet*. 2012;33:5-14. doi:10.2478/v10078-012-0039-z
16. Kumbhare D.A., Elzibak A.H., Akbary A., Noseworthy M.D. Advanced Skeletal Muscle MR Imaging Approaches in the Assessment of Muscular Dystrophies. *Int J Phys Med Rehabil*. 2014;2(6):248-259. doi:10.4172/2329-9096.1000248
17. Reimers C.D., Schedel H., Fleckenstein J.L., Nagele M., Witt T.N., Pongratz T.E. et al. Magnetic resonance imaging of skeletal muscles in idiopathic inflammatory myopathies of adults. *J Neurol*. 1994; 241(5):306-314. doi: 10.1007/BF00868438
18. Klupp E., Weidlich D., Schlaeger S., Baum T., Cervantes B., Deschauer M. et al. B1-insensitive T2 mapping of healthy thigh muscles using a T2-prepared 3D TSE sequence. *PLoS One*. 2017;12(2):e0171337.

Для цитирования: О.Б. Богомякова, М.А. Тавлуй, А.А. Савелов. МР-методика T2-картирования в оценке степени активности процесса при воспалительных миопатиях. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2020; 9 (3): 21-29. DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-3-21-29

To cite: O.B. Bogomyakova, M.A. Tavlu, A.A. Savelov. Experience of application of T2-mapping MRI assessment of inflammatory myopathies. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2020; 9 (3): 21-29. DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-3-21-29