

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104383>

Научная статья



## Эластография сдвиговой волны в диагностике рабдомиолиза

А.А. Емельянцева, С.Н. Бардаков, И.В. Бойков, В.Н. Малаховский, Т.Е. Рамешвили,  
В.А. Царгуш, Г.Г. Романов, А.А. Багрова

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Рабдомиолиз является жизнеугрожающим заболеванием скелетных мышц, скорость постановки диагноза и начала лечения которого напрямую влияют на вероятность развития острого почечного повреждения и качество восстановления мышечной функции. Ультразвуковой метод диагностики является доступным и может быть применен на этапе первичной диагностики, но имеет невысокие характеристики чувствительности — 68 % и специфичности — 57 % при использовании таких ультразвуковых симптомов, как диффузное выраженное повышение эхогенности (однородное или неоднородное), нарушение поперечной исчерченности структуры мышцы и большой объем поражения мышечной ткани (более 30 %).

Рассматриваются возможности ультразвуковой эластографии в диагностике рабдомиолиза у 95 пациентов, поступающих с подозрением на повреждение мышечной ткани. При сравнении параметров эластографии сдвиговой волны пациентов с рабдомиолизом и пациентов с другими заболеваниями, проявляющимися мышечным отеком (ушибы мышц, воспалительные миопатии, постнагрузочный мышечный отек), а также контрольной группы отмечаются значимые различия ( $p < 0,01$ ), что позволяет определить количественные ультразвуковые характеристики мышечной ткани, патогномичные для рабдомиолиза. Использование эластографии сдвиговой волны с получением значений скорости боковой волны менее 1,64 м/с повысило чувствительность и специфичность метода в диагностике рабдомиолиза до 75 и 62 % соответственно.

Разработана логит-модель с комплексным использованием показателей эластографии, диагностическая точность которой составила 77 %. В процессе восстановления мышечной ткани отмечалось увеличение скорости боковой волны до уровня значений контрольной группы, что может быть использовано как один из маркеров выздоровления пациента.

**Ключевые слова:** воспалительные миопатии; миалгия; мышечный отек; рабдомиолиз; скелетные мышцы; ультразвуковая диагностика мышц; эластография сдвиговой волны.

### Как цитировать:

Емельянцева А.А., Бардаков С.Н., Бойков И.В., Малаховский В.Н., Рамешвили Т.Е., Царгуш В.А., Романов Г.Г., Багрова А.А. Эластография сдвиговой волны в диагностике рабдомиолиза // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2022. Т. 41. № 1. С. 23–30. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104383>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104383>

Research Article

# Shear wave elastography in the diagnosis of rhabdomyolysis

Aleksandr A. Emelyantsev, Sergey N. Bardakov, Igor' V. Boikov, Vladimir N. Malakhovskiy, Tamara E. Rameshvili, Vadim A. Tsargush, Gennadiy G. Romanov, Anna A. Bagrova

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

Rhabdomyolysis is a life-threatening skeletal muscle disease, the time of diagnosis and initiation of treatment of which directly affects the likelihood of developing acute kidney injury and the quality of recovery of muscle function. The ultrasound method of diagnostics is accessible and can be used at the stage of primary diagnosis, but it has low sensitivity of 68% and specificity of 57% when using such ultrasound symptoms as a diffuse expressed increase of echogenicity (homogeneous or heterogeneous), disorder of transverse striation of the muscle structure and high volume of the muscular tissue damage (over 30%).

The possibility of ultrasonic elastography in the diagnosis of rhabdomyolysis in 95 patients admitted with suspected damage to muscle tissue are discussed. Comparison of the parameters of shear wave elastography in patients with rhabdomyolysis and patients with other diseases manifested by muscle edema (muscle contusion, inflammatory myopathies, post-exercise muscle edema), as well as with the control group, significant differences were noted ( $p < 0.01$ ) allows to determine the quantitative ultrasound characteristics of muscle tissue, pathognomonic for rhabdomyolysis. The use of shear wave elastography with obtaining lateral wave velocity of less than 1.64 m/s increased the sensitivity and specificity of the method in the diagnosis of rhabdomyolysis to 75 and 62%, respectively.

A logit model with integrated use of elastography indices was developed, with a diagnostic accuracy of 77%. During muscle recovery, there was an increase in lateral wave velocity to the level of control group values, which can be used as one of the markers of patient recovery.

**Keywords:** inflammatory myopathies; muscle edema; myalgia; rhabdomyolysis; shear wave elastography; skeletal muscles; ultrasound diagnostics of muscle.

**To cite this article:**

Emelyantsev AA, Bardakov SN, Boikov IV, Malakhovskiy VN, Rameshvili TE, Tsargush VA, Romanov GG, Bagrova AA. Shear wave elastography in the diagnosis of rhabdomyolysis. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2022;41(1):23–30. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104383>

Received: 08.03.2022

Accepted: 21.03.2022

Published: 29.03.2022

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Рабдомиолиз — заболевание, характеризующееся разрушением скелетных мышц, приводящее к высвобождению внутриклеточного содержимого в кровь, что может вызвать жизнеугрожающие осложнения. Несмотря на то что у большинства пациентов с рабдомиолизом прогноз благоприятный, в 7–10 % случаев развивается острое почечное повреждение [1]. Исследования некоторых авторов подтвердили, что ранняя диагностика и своевременное адекватное лечение могут не только предотвратить возникновение осложнений рабдомиолиза, но также значительно улучшить прогноз пациентов [2, 3].

При наличии классической триады симптомов рабдомиолиза, таких как миалгия, мышечная слабость и коричневая моча, диагноз выставляется достаточно быстро и точно. Однако подобная клиническая картина наблюдается менее чем у 10 % пациентов при первичном обращении. Основные жалобы в большинстве случаев — локальная или распространенная боль в мышцах и плохое самочувствие [4]. Таким образом, отсутствие специфической клинической картины в отдельных ситуациях может привести к недооценке тяжести больного и позднему назначению лабораторных анализов на специфические маркеры острого повреждения мышц: креатинфосфокиназы (КФК) и миоглобина крови [5].

В ряде работ перечисляются разнообразные признаки рабдомиолиза при проведении ультразвуковых исследований (УЗИ), такие как утолщение мышцы, изменение эхогенности, появление картины «матового стекла» и др. [6, 7]. При этом УЗИ обычно используется только для подтверждения диагноза уже после лабораторных данных [8]. Однако ряд авторов представляют кейсы, где именно УЗИ позволило заподозрить острое повреждение скелетных мышц при стертой клинической картине и провести анализ крови пациентов на КФК [9, 10].

Ультразвуковая картина при рабдомиолизе может быть разнообразна и не отличаться от других заболеваний, проявляющихся отеком мышечной ткани: травматических повреждений, воспалительных миопатий, повреждений, связанных с чрезмерной физической нагрузкой, и др. В некоторых статьях указывается на невысокие значения специфичности УЗИ в выявлении мышечного отека [7, 11, 12].

Повышение диагностических характеристик возможно с помощью количественной методики УЗИ — эластографии сдвиговой волны (ЭСВ). Она показала себя эффективной при обследовании многих органов, таких как печень, молочные железы, сосуды, предстательная железа [13, 14]. ЭСВ используется для диагностики заболеваний органов опорно-двигательного аппарата, например сухожилий [15], некоторых наследственных миопатий [16, 17]. Отмечаются единичные работы по применению ЭСВ при поражении скелетных мышц [15, 18, 19].

*Цель исследования* — повысить диагностическую эффективность УЗИ в выявлении рабдомиолиза с помощью количественной ЭСВ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Всем пациентам проводилось исследование после подписания добровольного информированного согласия. Всего обследовано 95 человек. УЗИ проводилось на этапе первичной диагностики с клинической картиной заболеваний скелетных мышц: жалобы на миалгию, отеки конечностей, снижение мышечной силы.

Пациенты были разделены на две группы. В основную группу ( $n = 54$ ) вошли случаи с доказанным острым повреждением мышечной ткани (повышение уровня КФК и миоглобина крови, наличие изменений на изображениях лучевых методов диагностики). Остальные пациенты вошли в контрольную группу. В основной группе были выделены две подгруппы: случаи подтвержденного рабдомиолиза ( $n = 18$ ) и остальные заболевания, сопровождающиеся мышечным отеком (ушибы мышц, воспалительные миопатии, синдром отсроченной мышечной боли, постнагрузочный отек). Верификация рабдомиолиза осуществлялась на основании выявления миоглобинемии более 72 нг/мл.

Обследование пациентов проводилось на ультразвуковом сканере диагностическом экспертного класса «Logiq E9» (General Electric, США). Использовался линейный высокочастотный датчик для поверхностных тканей. Подготовка пациентов не требовалась. Сканирование проводилось в двухмерном режиме в области повреждения и смежных, а также противоположных областях.

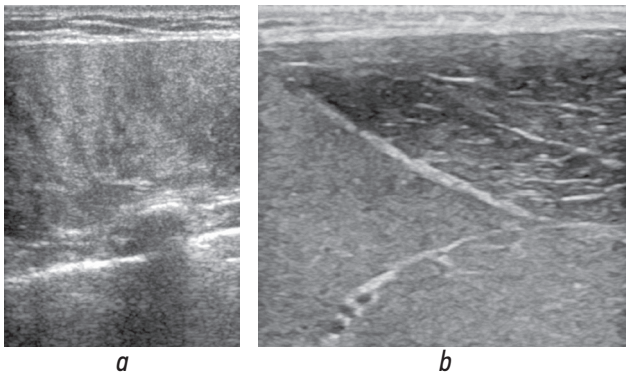
Для устранения влияния компрессии датчика на мышечную ткань использовалась гелевая подушка. ЭСВ проводили в положении пациента лежа на спине в состоянии расслабления всех скелетных мышц. Для визуальной оценки использовалась цветная шкала, где темно-синий цвет означал минимальную эластичность, а красный — максимальную. Области интереса выделялись в средних отделах мышц без захвата сухожилий и мышечных футляров. Для получения более точных результатов измерение проводилось на нескольких уровнях с вычислением среднего значения. Параметры ЭСВ выражались в виде скорости боковой волны ( $V$ ) в м/с и значениях жесткости (модуль Юнга,  $E$ ) в кПа.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием программного обеспечения MedCalc (версия 18.2.1). Нормальность распределения определялась с помощью критерия Д'Агостино–Пирсона. Количественные результаты морфометрического анализа выражались в виде « $Me$  [1-й квартиль; 3-й квартиль]». Для сравнения групп значений показателей ЭСВ использовался  $U$ -критерий Манна–Уитни. Для определения порогов отсечения скорости боковой волны и жесткости проводился ROC-анализ и сравнение AUC методом Делонга. Комплексное использование количественных характеристик проводилось с помощью построения уравнения бинарной логистической регрессии.

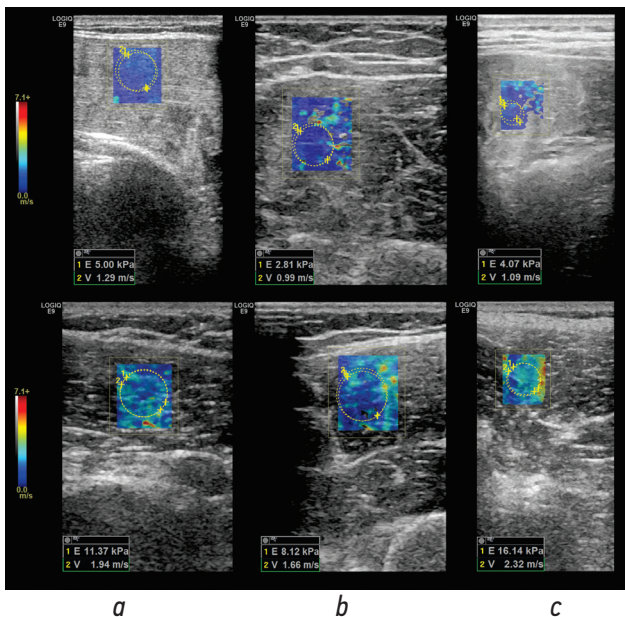
## РЕЗУЛЬТАТЫ

К ультразвуковым признакам рабдомиолиза относили диффузное выраженное повышение эхогенности (однородное или неоднородное), нарушение поперечной исчерченности структуры мышцы и большой объем поражения мышечной ткани (более 30 %) (рис. 1). Заключение «рабдомиолиз» выставлялось в случаях обнаружения всех перечисленных ультразвуковых симптомов.

Под ультразвуковые критерии рабдомиолиза подошли 27 случаев. После лабораторной верификации рабдомиолиза была определена следующая диагностическая эффективность УЗИ: чувствительность — 68 %, специфичность — 57, точность — 62 %. При этом, несмотря на низкую чувствительность метода в диагностике рабдомиолиза, чувствительность УЗИ в выявлении неспецифических отечных изменений мышечной ткани (пациентов основной группы) составила 74 %.



**Рис. 1.** Эхограммы рабдомиолиза скелетных мышц различных анатомических областей: *a* — мышцы, разгибающей спину, *b* — медиальной и латеральной головок трехглавой мышцы плеча



**Рис. 2.** Эхограммы с измерением параметров ЭСВ, верхний ряд — при рабдомиолизе, нижний ряд — в контрольной группе: *a* — мышцы, разгибающие спину, *b* — наружные широкие мышцы бедра, *c* — большие грудные мышцы

Таким образом, ультразвуковое исследование позволяет выявить мышечный отек, однако отсутствие характерных семиотических признаков и субъективная оценка эхогенности мышечной структуры приводят к большому количеству ошибок I и II рода. Для повышения эффективности ультразвукового метода в диагностике рабдомиолиза была проведена количественная оценка эластичности мышечной ткани.

При сравнении коэффициентов жесткости мышечной ткани в м/с и в кПа было выявлено, что значения при рабдомиолизе статистически значимо отличаются как от других заболеваний, проявляющихся мышечным отеком (*U*-критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони,  $p < 0,001$ ), так и от контрольной группы (*U*-критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони,  $p < 0,001$ ) в сторону уменьшения (рис. 2). При этом скорость боковой волны и жесткость при мышечном отеке статистически значимо не отличались от контрольной группы:  $p = 0,583$  и  $p = 0,117$  соответственно (*U*-критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони).

Таким образом, можно сделать вывод, что ЭСВ позволяет диагностировать рабдомиолиз, но не позволяет дифференцировать другие формы мышечного отека от нормальной мышцы.

Пороги отсечения показателей ЭСВ для рабдомиолиза были определены с помощью ROC-анализа на основании критерия Юдена (рис. 3). При проведении сравнения AUC полученных кривых значимых различий не было выявлено (метод Делонга,  $p = 0,9761$ ).

Оптимальным для скорости боковой волны было  $V = 1,64$  м/с со значениями чувствительности 75 %, специфичности 62, точности 68 %. Для жесткости получено значение  $E = 6,38$  кПа с чувствительностью 51 %, специфичностью 92 и точностью 70 %. Оценка показателей ЭСВ по отдельности позволила улучшить эффективность ультразвуковой диагностики рабдомиолиза по сравнению с нативным исследованием, но, к сожалению, незначительно.

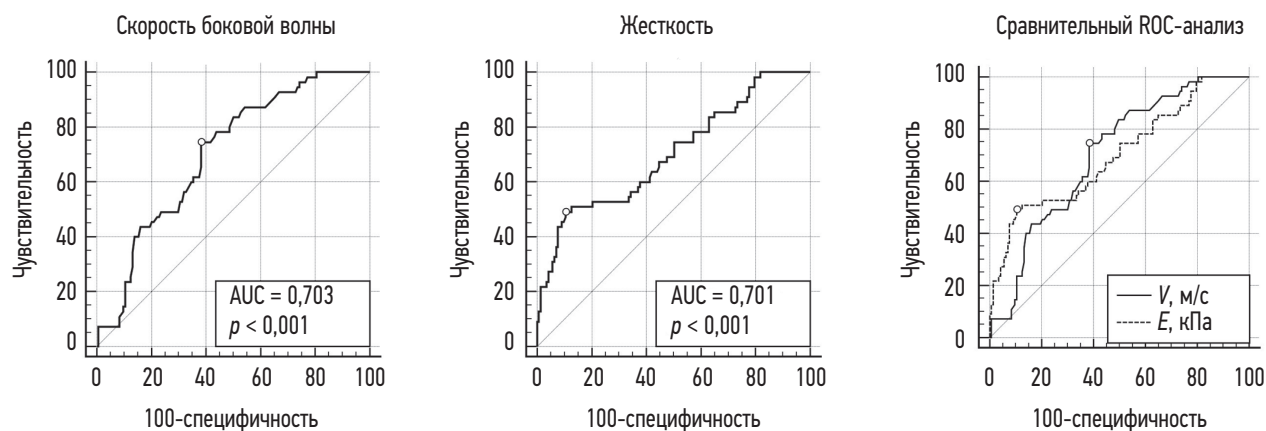
Для комплексного использования показателей ЭСВ была построена модель бинарной логистической регрессии. Использовался метод последовательного введения переменных в модель с проверкой коэффициентов на значимость ( $p > 0,05$ ) на каждом этапе.

В полученной ЭСВ-модели отмечается удовлетворительный коэффициент детерминации (Nagelkerke  $R^2 = 0,38$ ). Формула итоговой модели представлена далее:

$$P_+ = \frac{1}{1 + e^{-(-0,22391 \cdot E - 1,45259 \cdot V + 0,87874)}}$$

где  $P_+$  — вероятность заболевания рабдомиолизом ( $P_+ > 0,5$  — положительная вероятность),  $e$  — основание натурального логарифма,  $E$  — эластографическая жесткость, выраженная в кПа,  $V$  — скорость боковой волны, выраженная в м/с.





**Рис. 3.** Диаграммы ROC-анализа данных ЭСВ в отдельности и сравнительный анализ ROC-кривых. Точками обозначены оптимальные значения порогов отсечения, определенных по критерию Юдена

ЭСВ-модель позволила классифицировать случаи рабдомиолиза с диагностической точностью в 77 %. При ROC-анализе предсказанных значений в оптимальной точке чувствительность и специфичность составили 84 и 65 % соответственно.

При оценке данных в контрольной группе отмечалось ненормальное распределение показателей ЭСВ. Медианы значений и межквартильный размах для скорости боковой волны составляли  $V = 2,03 [1,72; 2,64]$  м/с, для жесткости  $E = 13,22 [10,09; 22,41]$  кПа.

В пяти случаях проводилась оценка мышечной ткани пациентов с рабдомиолизом перед выпиской. При этом показатели скорости боковой волны поврежденных мышц у всех пациентов после выздоровления входили в межквартильный размах значений контрольной группы.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Метод УЗИ обладает высокой доступностью в диагностике заболеваний мышечной ткани как при первичном обследовании, так и в динамике заболевания. В отношении рабдомиолиза скорость и точность постановки диагноза являются критически важными для прогноза и восстановления пациента [3]. Несмотря на сравнительно невысокие диагностические возможности, даже нативное УЗИ дает информацию о состоянии мышечной ткани, а знание семиотики рабдомиолиза позволяет заподозрить острое повреждение скелетных мышц и назначить специфические лабораторные тесты для его подтверждения или исключения [8].

Проведенное исследование продемонстрировало, что возможности нативного УЗИ в выявлении рабдомиолиза недостаточны, однако метод позволяет выявить недифференцированный мышечный отек с чувствительностью в 74 %. При этом стоит отметить преимущества метода: малое время обследования, возможность выполнения у пациентов в тяжелом состоянии без транспортировки в другие кабинеты и отсутствие воздействия

ионизирующего излучения. Помимо первичной диагностики УЗИ позволило осуществлять контроль состояния мышечной ткани у пациентов на весь период пребывания в палате интенсивной терапии.

ЭСВ, выраженная в скорости боковой волны, позволила повысить основные диагностические характеристики УЗИ в выявлении рабдомиолиза, в первую очередь чувствительность. Снижение скорости боковой волны при мышечном отеке отмечается в работе о диагностике воспалительных миопатий [20] и описании клинического случая рабдомиолиза [18]. Уменьшение эластографической жесткости объясняется повышением объема внеклеточной и внутриклеточной воды при отеке тканей, что приводит к уменьшению скорости распространения боковой волны от центрального ультразвукового луча.

ЭСВ, выраженная в жесткости, при диагностике рабдомиолиза показала крайне низкое значение чувствительности в 51 %, что не позволяет использовать данную методику. При эмпирическом подборе порога отсечения с соблюдением баланса между чувствительностью и специфичностью полученные результаты не отличались от возможностей качественной методики. Это объясняется тем, что показатель модуля Юнга является расчетным из скорости боковой волны и, следовательно, менее точным, чем первично измеряемая величина [13]. Однако специфичность и точность жесткости были выше, чем у скорости боковой волны.

Комплексное использование скорости боковой волны и жесткости с помощью модели логистической регрессии позволило скомпенсировать неоднородность распределения чувствительности и специфичности показателей ЭСВ в отдельности и сформировать формулу определения вероятности рабдомиолиза с достаточно высокой точностью в 77 %.

Методика ЭСВ, выраженная в виде скорости боковой волны, позволила оценить восстановление мышечной ткани в процессе выздоровления, что согласуется с научными исследованиями С. Botar-Jid et al. [21] и А.М. Alfuraih et al. [20],

которые показывают увеличение показателей ЭСВ до нормативных значений при некоторых отечных и воспалительных повреждениях при положительной динамике течения заболеваний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанная логит-модель с комплексным использованием значений эластографии позволяет увеличить диагностическую точность УЗИ в определении рабдомиолиза с 62 до 77 %. Увеличение скорости боковой волны до нормативных значений  $V = 2,03 [1,72; 2,64]$  м/с свидетельствует о восстановлении мышечной ткани после заболевания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chavez L.O., Leon M., Einav S., et al. Beyond muscle destruction: a systematic review of rhabdomyolysis for clinical practice // *Crit. Care*. 2016. Vol. 20, No. 1. P. 135. DOI: 10.1186/s13054-016-1314-5
2. Alpers J.P., Jones L.K. Natural history of exertional rhabdomyolysis: A population-based analysis // *Muscle and Nerve*. 2010. Vol. 42, No. 4. P. 487–491. DOI: 10.1002/mus.21740
3. Chatzizisis Y.S., Misirli G., Hatzitolios A., et al. The syndrome of rhabdomyolysis: Complications and treatment // *Eur. J. Intern. Med*. 2008. Vol. 19, No. 8. P. 568–574. DOI: 10.1016/j.ejim.2007.06.037
4. Cabral B.M.I., Edding S.N., Portocarrero J.P., et al. Rhabdomyolysis // *Disease-a-Month*. 2020. Vol. 66, No. 8. P. 1010–1015. DOI: 10.1016/j.disamonth.2020.101015
5. Keltz E., Khan F.Y., Mann G. Rhabdomyolysis. The role of diagnostic and prognostic factors // *Muscles, Ligam. Tend. J*. 2014. Vol. 3, No. 4. P. 303–312.
6. Sein Anand L., Kosiak W. Sonographic appearance of rhabdomyolysis – a systematic review of the literature // *Med. Ultrason*. 2020. Vol. 22, No. 1. P. 92–96. DOI: 10.11152/mu-2285
7. Xu Q., Tian M., Xia J., et al. Application of ultrasonography in the diagnosis of rhabdomyolysis // *Ultrasound Med. Biol*. 2021. Vol. 47, No. 12. P. 3349–3355. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.08.012
8. Long S., Garret J., Bhargava P., et al. Multimodality imaging findings in rhabdomyolysis and a brief review of differential diagnoses // *Emerg. Radiol*. 2017. Vol. 24, No. 4. P. 387–392. DOI: 10.1007/s10140-017-1512-8
9. Boyle J., Marks P., Read J. Rectus abdominis rhabdomyolysis: report of 2 cases: rectus abdominis rhabdomyolysis // *J. Ultrasound Med*. 2017. Vol. 36, No. 10. P. 2165–2171. DOI: 10.1002/jum.14242
10. Nassar A., Talbot R., Grant A., et al. Rapid diagnosis of rhabdomyolysis with point-of-care ultrasound // *West J. Emerg. Med*. 2016. Vol. 17, No. 6. P. 801–804. DOI: 10.5811/westjem.2016.8.31255
11. Brockmann K., Becker P., Schreiber G., et al. Sensitivity and specificity of qualitative muscle ultrasound in assessment of suspected neuromuscular disease in childhood // *NMD*. 2007. Vol. 17, No. 7. P. 517–523. DOI: 10.1016/j.nmd.2007.03.015
12. Литвиненко И.В., Живолупов С.А., Бардаков С.Н., и др. Воспалительные миопатии: патогенез, клиника, диагностика, ле-

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Финансирование данной работы не проводилось.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» (протокол № 217 от 25.12.2018 г.).

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

чение // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2015. Т. 51, № 3. С. 217–226.

13. Невзорова М.С., Высотин С.А., Сайфитова А.Т. Возможности современных методов эластографии // *Международный студенческий научный вестник*. 2018. № 1. С. 28.

14. Rotemberg V., Palmeri M., Nightingale R., et al. The impact of hepatic pressurization on liver shear wave speed estimates in constrained versus unconstrained conditions // *Phys. Med. Biol*. 2012. Vol. 57, No. 2. P. 329–341. DOI: 10.1088/0031-9155/57/2/329

15. Dirrachs T., Quack V., Gatz M., et al. Shear wave elastography (SWE) for the evaluation of patients with tendinopathies // *Academic Radiology*. 2016. Vol. 23, No. 10. P. 1204–1213. DOI: 10.1016/j.acra.2016.05.012

16. Lacourpaille L., Gross R., Hug F., et al. Effects of Duchenne muscular dystrophy on muscle stiffness and response to electrically-induced muscle contraction: A 12-month follow-up // *Neuromuscular Disorders*. 2017. Vol. 27, No. 3. P. 214–220. DOI: 10.1016/j.nmd.2017.01.001

17. Pichiecchio A., Alessand F., Bortolotto C., et al. Muscle ultrasound elastography and MRI in preschool children with Duchenne muscular dystrophy // *Neuromuscular Disorders*. 2018. Vol. 28, No. 6. P. 476–483. DOI: 10.1016/j.nmd.2018.02.007

18. Федорова А.А., Кутепов Д.Е., Зубарев А.В. Оценка структуры 4-главой мышцы бедра у пациентки с рабдомиолизом // *Лечение и профилактика*. 2019. Т. 9, № 4. С. 87–91.

19. Agten C.A., Buck F.M., Dyer L., et al. Delayed-onset muscle soreness: temporal assessment with quantitative MRI and shear-wave ultrasound elastography // *AJR Am. J. Roentgenol*. 2016. Vol. 208, No. 2. P. 402–412. DOI: 10.2214/ajr.16.16617

20. Alfuraih A.M., O'Connor P., Tan A.L., et al. An investigation into the variability between different shear wave elastography systems in muscle // *Med. Ultrason*. 2017. Vol. 19, No. 4. P. 392–400. DOI: 10.11152/mu-1113

21. Botar-Jid C., Damian L., Dudea S.M., et al. The contribution of ultrasonography and sonoelastography in assessment of myositis // *Med. Ultrason*. 2010. Vol. 12, No. 2. P. 120–126.

## REFERENCES

1. Chavez LO, Leon M, Einav S, et al. Beyond muscle destruction: a systematic review of rhabdomyolysis for clinical practice. *Crit Care*. 2016;20(1):135. DOI: 10.1186/s13054-016-1314-5
2. Alpers JP, Jones LK. Natural history of exertional rhabdomyolysis: A population-based analysis. *Muscle and Nerve*. 2010;42(4):487–491. DOI: 10.1002/mus.21740
3. Chatzizisis YS, Misirli G, Hatzitolios A, et al. The syndrome of rhabdomyolysis: Complications and treatment. *Eur J Intern Med*. 2008;19(8):568–574. DOI: 10.1016/j.ejim.2007.06.037
4. Cabral BMI, Edding SN, Portocarrero JP, et al. Rhabdomyolysis. *Disease-a-Month*. 2020;66(8):1010–1015. DOI: 10.1016/j.disamonth.2020.101015
5. Keltz E, Khan FY, Mann G. Rhabdomyolysis. The role of diagnostic and prognostic factors. *Muscles, Ligam Tend J*. 2014;3(4):303–312.
6. Sein Anand Ł, Kosiak W. Sonographic appearance of rhabdomyolysis – a systematic review of the literature. *Med Ultrason*. 2020;22(1):92–96. DOI: 10.11152/mu-2285
7. Xu Q, Tian M, Xia J, et al. Application of ultrasonography in the diagnosis of rhabdomyolysis. *Ultrasound Med Biol*. 2021;47(12):3349–3355. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.08.012
8. Long S, Garret J, Bhargava P, et al. Multimodality imaging findings in rhabdomyolysis and a brief review of differential diagnoses. *Emerg Radiol*. 2017;24(4):387–392. DOI: 10.1007/s10140-017-1512-8
9. Boyle J, Marks P, Read J. Rectus abdominis rhabdomyolysis: report of 2 cases: rectus abdominis rhabdomyolysis. *J Ultrasound Med*. 2017;36(10):2165–2171. DOI: 10.1002/jum.14242
10. Nassar A, Talbot R, Grant A, et al. Rapid diagnosis of rhabdomyolysis with point-of-care ultrasound. *West J Emerg Med*. 2016;17(6):801–804. DOI: 10.5811/westjem.2016.8.31255
11. Brockmann K, Becker P, Schreiber G, et al. Sensitivity and specificity of qualitative muscle ultrasound in assessment of suspected neuromuscular disease in childhood. *NMD*. 2007;17(7):517–523. DOI: 10.1016/j.nmd.2007.03.015
12. Litvinenko IV, Zhivolupov SA, Bardakov SN, et al. Inflammatory myopathies: pathogenesis, clinic, diagnosis, treatment. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2015;51(3):217–226. (In Russ.)
13. Nevzorova MS, Vysotin SA, Saifitova AT. Possibilities of modern methods of elastography. *International Student Scientific Bulletin*. 2018;(1):28. (In Russ.)
14. Rotemberg V, Palmeri M, Nightingale R, et al. The impact of hepatic pressurization on liver shear wave speed estimates in constrained versus unconstrained conditions. *Phys Med Biol*. 2012;57(2):329–341. DOI: 10.1088/0031-9155/57/2/329
15. Dirrachs T, Quack V, Gatz M, et al. Shear wave elastography (SWE) for the evaluation of patients with tendinopathies. *Academic Radiology*. 2016;23(10):1204–1213. DOI: 10.1016/j.acra.2016.05.012
16. Lacourpaille L, Gross R, Hug F, et al. Effects of Duchenne muscular dystrophy on muscle stiffness and response to electrically-induced muscle contraction: A 12-month follow-up. *Neuromuscular Disorders*. 2017;27(3):214–220. DOI: 10.1016/j.nmd.2017.01.001
17. Pichiecchio A, Alessand F, Bortolotto C, et al. Muscle ultrasound elastography and MRI in preschool children with Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscular Disorders*. 2018;28(6):476–483. DOI: 10.1016/j.nmd.2018.02.007
18. Fedorova AA, Kutepov DE, Zubarev AV. Evaluation of the structure of the quadriceps of the thigh muscle in a patient with rhabdomyolysis. *Lechenie i profilaktika*. 2019;9(4):87–91. (In Russ.)
19. Agten CA, Buck FM, Dyer L, et al. Delayed-onset muscle soreness: temporal assessment with quantitative MRI and shear-wave ultrasound elastography. *AJR Am J Roentgenol*. 2016;208(2):402–412. DOI:10.2214/ajr.16.16617
20. Alfuraih AM, O'Connor P, Tan AL, et al. An investigation into the variability between different shear wave elastography systems in muscle. *Med Ultrason*. 2017;19(4):392–400. DOI: 10.11152/mu-1113
21. Botar-Jid C, Damian L, Dudea SM, et al. The contribution of ultrasonography and sonoelastography in assessment of myositis. *Med Ultrason*. 2010;12(2):120–126.

## ОБ АВТОРАХ

\***Александр Александрович Емельянцеv**, канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5723-7058>; Scopus Author ID: 57223387651; eLibrary SPIN: 6895-7818; e-mail: yemelyantsev@gmail.com

**Сергей Николаевич Бардаков**, канд. мед. наук, преподаватель кафедры нефрологии и эфферентной терапии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3804-6245>; Scopus Author ID: 57193732211; eLibrary SPIN: 2351-4096; e-mail: epistaxis@mail.ru

**Игорь Валерьевич Бойков**, докт. мед. наук, профессор, заместитель начальника кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; eLibrary SPIN: 1453-8437; e-mail: qwertycoolt@mail.ru

## AUTHORS' INFO

\***Aleksandr A. Emelyantsev**, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Lecturer of the Radiology and Radiology Department with a course of ultrasound diagnostics; address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5723-7058>; Scopus Author ID: 57223387651; eLibrary SPIN: 6895-7818; e-mail: yemelyantsev@gmail.com

**Sergey N. Bardakov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Lecturer at the Nephrology and Efferent Therapy Department; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3804-6245>; Scopus Author ID: 57193732211; eLibrary SPIN: 2351-4096; e-mail: epistaxis@mail.ru

**Igor' V. Boikov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Deputy Head of the Radiology and Radiology Department with a Course in Ultrasound Diagnostics; eLibrary SPIN: 1453-8437; e-mail: qwertycoolt@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## ОБ АВТОРАХ

**Владимир Николаевич Малаховский**, докт. мед. наук, профессор, преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; eLibrary SPIN: 2014-6335; e-mail: malakhovskiyvova@gmail.com

**Тамара Евгеньевна Рамешвили**, докт. мед. наук, профессор, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; eLibrary SPIN: 3034-3209; e-mail: rentgenvma@mail.ru

**Вадим Андреевич Царгуш**, канд. мед. наук, врач-рентгенолог; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5459-986X>; Scopus Author ID: 57214886746; eLibrary SPIN: 2599-1515; e-mail: tsargushvmf@mail.ru

**Геннадий Геннадиевич Романов**, канд. мед. наук, доцент кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-8158>; Scopus Author ID: 56024998000; eLibrary SPIN: 9298-4494; e-mail: romanov\_gennadiy@mail.ru

**Анна Анатольевна Багрова**, начальник медицинского пункта; eLibrary SPIN: 6969-7667; e-mail: annieba@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**Vladimir N. Malakhovskiy**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Lecturer at the Radiology and Radiology Department with a course in ultrasound diagnostics; eLibrary SPIN: 2014-6335; e-mail: malakhovskiyvova@gmail.com

**Tamara E. Rameshvili**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Senior Lecturer of the Radiology and Radiology Department with a course of ultrasound diagnostics; eLibrary SPIN: 3034-3209; e-mail: rentgenvma@mail.ru

**Vadim A. Tsargush**, M.D., Ph.D. (Medicine), radiologist; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5459-986X>; Scopus Author ID: 57214886746; eLibrary SPIN: 2599-1515; e-mail: tsargushvmf@mail.ru

**Gennadiy G. Romanov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Radiology and Radiology Department with a course of ultrasound diagnostics; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-8158>; Scopus Author ID: 56024998000; eLibrary SPIN: 9298-4494; e-mail: romanov\_gennadiy@mail.ru

**Anna A. Bagrova**, the Head of the medical department; eLibrary SPIN: 6969-7667; e-mail: annieba@mail.ru