

Оценка динамики площади поперечного сечения периферических нервов при мультифокальной моторной нейропатии по данным ультразвукового исследования на фоне внутривенной терапии иммуноглобулинами: описание клинического случая

С.С. Никитин¹, Е.С. Наумова¹, Д.С. Дружинин²

¹Региональная общественная организация «Общество специалистов по нервно-мышечным болезням», Медицинский центр «Практическая неврология»; Россия, 117258 Москва, ул. Кржижановского, 17/2;

²кафедра нервных болезней с курсом медицинской генетики и детской неврологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 150000 Ярославль, ул. Революционная, 5

Контакты: Сергей Сергеевич Никитин nikitin-s@bk.ru

Введение. Мультифокальная моторная нейропатия (ММН) — хроническое дизиммунное заболевание, для терапии которого используется введение внутривенного иммуноглобулина (ВВИГ) человека.

Цель исследования. Оценка ультразвуковых изменений периферических нервов на фоне ВВИГ у больной ММН.

Материалы и методы. В статье приведено клиническое наблюдение пациентки 42 лет с ММН, получающей ВВИГ. С помощью ультразвукового исследования была выполнена оценка площади поперечного сечения (ППС) срединного, локтевого и спинномозговых нервов плечевого сплетения с обеих сторон на фоне 5 курсов ВВИГ.

Результаты. До лечения выявлено асимметричное увеличение ППС срединного и локтевого нервов, а также спинномозговых нервов С5, С6, С7. Через 7 нед после 1-го курса ВВИГ и последующих 3 курсов с интервалами 4 нед были отмечены нормализация ППС периферических нервов и значительное уменьшение ППС спинномозговых нервов. При увеличении интервала между 4-м и 5-м курсами до 9 нед ППС нервов возросла вновь.

Выводы. Наблюдение за пациенткой с ММН, получающей ВВИГ, показало динамику положительных сонографических изменений периферических нервов. Использование ультразвукового исследования в качестве мониторинга состояния периферических нервов на фоне терапии ВВИГ требует анализа большего числа случаев у пациентов с ММН и сходными состояниями.

Ключевые слова: мультифокальная моторная нейропатия, блок проведения, ультразвуковое исследование нервов, площадь поперечного сечения, внутривенный иммуноглобулин

DOI: 10.17650/2222-8721-2016-6-4-46-50

The sonographic dynamics of peripheral nerves cross sectional area changes in multifocal motor neuropathy treated with intravenous immunoglobulin: case report

S.S. Nikitin¹, E.S. Naumova¹, D.S. Druzhinin²

¹Association of Neuromuscular Disorders Specialists, Medical Center “Practical Neurology”;
Build. 2, 17 Krzhizhanovskogo St., Moscow 117258, Russia;

²Department of Neurological Diseases with a Course of Medical Genetics and Pediatric Neurology, Yaroslavl’ State Medical University,
Ministry of Health of Russia; 25 Revolutsionnaya St., Yaroslavl’ 150000, Russia

Background. Multifocal motor neuropathy (MMN) is a chronic dysimmune disease, which can be treated with intravenous human immunoglobulin (IVIg).

Objectives. To follow up the sonographic changes of peripheral nerves in a patient with MMN treated with IVIg.

Materials and methods. A 42 y.o. woman with MMN receiving IVIg is described. The cross-sectional area (CSA) of median, ulnar nerves and spinal roots was measured with high-resolution ultrasound (HRUS) after five IVIg courses.

Results. Before treatment the asymmetrical CSA increase of median, ulnar nerves and C5, C6, C7 spinal roots was found. 7 weeks after the first IVIg, next 3 IVIg courses with 4 weeks’ intervals HRUS showed normalization of CSA of the peripheral nerves and significant decrease of CSA of the spinal roots; as soon as the interval between the fourth and fifth IVIg was prolonged up to 9 weeks the CSA of the peripheral nerves increased again.

Conclusion. The follow up of a MMN patient treated with IVIg confirms the positive sonographic changes of the peripheral nerves and spinal roots. The possible role of HRUS as a method for monitoring changes in the peripheral nerves due to IVIg should be discussed after a larger cohort of patients with MMN and similar diseases is investigated.

Key words: multifocal motor neuropathy, conduction block, high-resolution nerve ultrasound, cross-sectional area, intravenous immunoglobulin

Введение

Мультифокальная моторная нейропатия (ММН) — редкое иммуноопосредованное заболевание, характеризующееся медленным, прогрессирующим течением с развитием двигательного дефицита, фокальных мышечных атрофий в соответствующих анатомических зонах и наличием блоков проведения по моторным волокнам периферических нервов, обнаруживаемых при электромиографическом (ЭМГ) исследовании. Диагноз ММН ставится на основании клинических критериев Европейской федерации неврологических обществ (European Federation of Neurological Societies, EFNS) и обнаружения блоков проведения в двигательных нервах [1]. Введение внутривенных иммуноглобулинов (ВВИГ) человека на сегодняшний день является основным общепризнанным методом терапии ММН. В случае наличия эффекта лечение ВВИГ рекомендовано продолжать на протяжении всей жизни больного [2]. При оценке эффекта терапии ММН, как и других дизиммунных полинейропатий, основная роль отводится клиническим признакам улучшения. Опирается на результаты повторных ЭМГ-исследований для подтверждения улучшения сложно в связи с устойчивостью блоков проведения и, соответственно, наличием клиничко-нейрофизиологической диссоциации [3, 4]. В последние годы при исследовании пациентов с ММН большое внимание уделяют таким методам визуализации, как магнитно-резонансная томография [5–7] и ультразвуковое исследование (УЗИ) периферических нервов [8–11]. При ММН оба метода выявляют фокальное асимметричное утолщение периферических нервов и нервов плечевого сплетения с преимущественным увеличением нервных структур в проксимальных отделах.

Представлено клиническое наблюдение пациентки с ММН, получающей ВВИГ, с ультразвуковой (УЗ) оценкой изменений периферических нервов в динамике.

Клинический случай

Пациентка Д., 42 лет, считает себя больной не менее 12 лет, когда появилась неловкость в левой кисти. В течение последующих 5 лет присоединилась слабость мышц левой кисти, 2 года назад — неловкость и слабость в мышцах правой кисти. На протяжении всего времени пациентка чувствительных нарушений не отмечала.

При осмотре выявлены асимметричная слабость до 3–4 баллов по шкале MRC (Medical Research Council) и гипотрофия мышц в зоне иннервации правого срединного и левого локтевого нервов без нарушения чувствительности. Сухожильные рефлексы с рук снижены, без существенной разницы сторон, с ног — вызываются, симметричные. В остальном неврологический статус без особенностей. При анализе антител к ганглиозидам обнаружены антитела к GM1 класса M. При исследова-

нии проведения по периферическим нервам рук с обеих сторон выявлено: 1) изменения, отвечающие критериям достоверных блоков EFNS по моторным волокнам: в срединных нервах, локтевом нерве слева вне типичных мест компрессии; 2) сохранность потенциала действия нерва и проведения по чувствительным волокнам.

УЗИ периферических нервов рук, а также спинномозговых нервов плечевого сплетения проводили с 2 сторон на сканере Sonoscape S20 (Китай) в режиме серой шкалы с линейным датчиком в диапазоне частот 8–15 МГц по ранее предложенному протоколу [12]. Оценивали площадь поперечного сечения (ППС) нервов на разных уровнях [12] до и на фоне лечения ВВИГ. Полученные результаты сравнивали с собственными нормативными данными, полученными у 80 испытуемых и сопоставимыми со значениями, представленными в литературе [13, 14].

До начала терапии УЗИ периферических нервов выявило характерное для ММН асимметричное фокальное увеличение ППС периферических нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения [8, 15, 16]. В исследованных нервах также обнаружены качественные изменения, описанные ранее при поперечном и продольном сканировании [12].

Пациентке было начато лечение ВВИГ (препарат «И.Г.ВЕНА Н.И.В.», Kedrion S.p.A., Италия) в дозе 2,0 г/кг массы тела.

На протяжении 6 мес больной было проведено 5 курсов ВВИГ в следующих дозах: 1-й курс — 2,0 г/кг массы тела, 2-й — через 7 нед в дозе 2,0 г/кг массы тела, 3-й и 4-й курсы — с интервалами 4 нед в дозе 1,0 г/кг массы тела, 5-й курс — через 9 нед в дозе 1,0 г/кг массы тела. Интервалы между введениями ВВИГ определялись наличием препарата в распоряжении пациентки. Исходно и перед каждым следующим курсом терапии ВВИГ выполняли клинический осмотр, ЭМГ и УЗИ периферических нервов.

Результаты наблюдения

В задачу обсуждаемого случая не входило сопоставление результатов УЗИ и ЭМГ-данных, полученных в ходе наблюдения за пациенткой. На фоне ВВИГ был отмечен положительный эффект в виде субъективного уменьшения неловкости в руках и объективного увеличения силы мышц кисти до 4–5 баллов по шкале MRC. Анализ абсолютных значений ППС периферических и спинномозговых нервов плечевого сплетения на выбранных уровнях до и на фоне терапии ВВИГ представлен в таблице.

До лечения у больной было отмечено увеличение ППС срединного нерва на уровне плеча с обеих сторон с незначительной асимметрией показателей; увеличение ППС локтевого нерва выявлено только с правой стороны. Спинномозговые нервы были также увеличены, причем в большей степени С6 и С7 с обеих сторон, в то время как увеличение нерва С5 было незначительным и только с одной стороны.

Изменение ППС на фоне проведения курсов ВВИГ при измерении с указанными интервалами после последнего введения, мм²
 Changes in CSA in the course of IVIG measured at indicated intervals after the last infusion, mm²

Уровень измерения Measurement level	Норма (n = 80) Normal values (n = 80)	До лечения Before treatment		Интервал измерения ППС после последнего введения Intervals of CSA measurement after the last injection							
				через 7 нед 7 weeks later		через 4 нед 4 weeks later		через 4 нед 4 weeks later		через 9 нед 9 weeks later	
		справа right	слева left	справа right	слева left	справа right	слева left	справа right	слева left	справа right	слева left
Срединный нерв <i>Median nerve</i>											
MN1	6,7 ± 1,8	6,0	5,6	6,1	6,1	6,0	5,9	5,8	5,8	6,0	7,5
MN2	6,7 ± 1,9	7,5	6,4	6,0	6,3	7,0	6,3	7,2	5,7	7,4	6,0
MN3	7,9 ± 1,9	17,0	15,9	16,7	7,4	14,0	10,4	10,4	10,0	17,5	10,3
Локтевой нерв <i>Ulnar nerve</i>											
UN1	5,5 ± 1,4	3,1	6,0	3,2	5,5	3,3	6,0	3,2	6,2	3,5	6,5
UN2	6,2 ± 1,7	6,7	4,6	6,8	4,3	6,8	5,0	6,8	5,0	8,5	8,4
UN3	6,9 ± 2,1	11,0	4,3	11,0	7,2	9,0	7,0	8,3	7,0	9,6	7,4
Спинномозговые нервы плечевого сплетения <i>Spinal roots of the brachial plexus</i>											
C5	5,0 ± 1,6	5,6	6,6	5,0	6,0	5,0	6,7	4,6	7,0	7,5	15,0
C6	7,5 ± 2,0	8,6	13,3	14,0	13,0	10,0	10,0	5,0	10,0	10,2	15,0
C7	9,4 ± 2,6	19,5	14,0	14,5	11,2	10,7	10,8	5,8	10,7	11,0	17,0

Примечание. ППС – площадь поперечного сечения; ВВИГ – внутривенные иммуноглобулины; MN1 – уровень запястья; MN2 – уровень верхней трети предплечья (круглый пронатор); MN3 – уровень средней трети плеча; UN1 – уровень запястья; UN2 – уровень верхней трети предплечья (локтевой сгибатель запястья); UN3 – уровень средней трети плеча.
Note. CSA – cross-sectional area; IVIG – intravenous immunoglobulin; MN1 – carpal level; MN2 – level of the superior third of the forearm (pronator teres); MN3 – level of the medial third of the shoulder; UN1 – carpal level; UN2 – level of the superior third of the forearm (flexor carpi ulnaris); UN3 – level of the medial third of the shoulder.

Через 7 нед после 1-го курса терапии ВВИГ, несмотря на субъективное улучшение, во всех исходно измененных нервах наблюдалось лишь незначительное уменьшение объема нервных стволов, за исключением срединного нерва слева, в котором отмечена нормализация ППС.

Последующее введение ВВИГ (2–4-й курсы) привело к уменьшению ППС всех исходно увеличенных нервов, однако степень положительных изменений была различной. К 4-му курсу терапии степень изменений была максимальной во всех нервах. Так, отмечена нормализация ППС локтевого нерва справа на уровне плеча; ППС срединного нерва также уменьшилась с 2 сторон, но не достигла формальной нормы (приблизилась к верхней границе). Уменьшение параметров спинномозговых нервов также выявлено с 2 сторон, при этом справа ППС нервов C5, C6 и C7 с обеих сторон стала нормальной, в то время как слева C5 и C6 оставались по-прежнему больше нормы. Последнее введение ВВИГ в данном наблюдении (5-й курс) проведено с вынужденно большим интервалом – 9 нед, что отразилось на результатах УЗИ периферических

нервов. Изменения касались в основном срединного и локтевого нервов справа, а также спинномозговых нервов плечевого сплетения с обеих сторон, у которых ППС была увеличена более чем в 2 раза.

Обсуждение

Влияние патогенетической терапии (кортикостероидами и ВВИГ) на изменение ППС периферических нервов при оценке с использованием УЗИ описано при различных дизиммунных нейропатиях – хронической воспалительной демиелинизирующей нейропатии (ХВДП) [17, 18], мультифокальной приобретенной демиелинизирующей сенсорной и моторной нейропатии (multifocal acquired demyelinating sensory and motor neuropathy, MADSAM) [19–21]. В отличие от исследований при ХВДП с относительно большим числом проспективных [17] и ретроспективных [18] случаев, оценка эффективности терапии с помощью УЗИ у пациентов с MADSAM в упомянутых работах основана на описании единичных случаев. Наблюдений динамики ППС на фоне ВВИГ с помощью УЗИ у пациентов с ММН в литературе не представлено. Это связано

со значительно более редкой встречаемостью данной патологии в сравнении с ХВДП [2, 17, 22], что делает актуальным каждый случай попытки объективной оценки состояния нервов у больного ММН на фоне ВВИГ.

В работе E. Scheidl и соавт. обсуждается наблюдение за 2 пациентами с диагнозом MADSAM [19]. В 1-м случае рассмотрены результаты УЗИ локтевого, лучевого и малоберцового нервов у больного через 2 года после проведения последовательного лечения глюкокортикоидами с хорошим эффектом, курса плазмафереза после присоединения поражения лучевого нерва и, в связи с неэффективностью плазмафереза, назначения повторных курсов ВВИГ в адекватных дозах. При этом авторы не предоставляют исходных данных УЗИ до использования того или иного вида лечения, включая иммуноглобулины. Во 2-м случае предоставлены результаты УЗИ периферических нервов только на этапе установления диагноза без дальнейшей оценки изменений, поскольку терапия не проводилась. В обоих наблюдениях авторы констатировали факт устойчивости фокального увеличения ППС и нарушения эхогенности периферических нервов безотносительно к динамике выявленных изменений на фоне лечения; спинномозговые нервы плечевого сплетения в указанных описаниях исследованы не были.

В опубликованном недавно 3-м случае MADSAM исходные фокальные увеличения ППС по данным УЗИ приведены только для нервов конечностей до лечения и через 6 мес после 2 эффективных курсов ВВИГ по 2,0 г/кг массы тела (без указания интервала введения) [21]. Показано уменьшение ППС исходно увеличенных нервов до нормальных значений.

В описанном нами наблюдении УЗ-изменения нервов конечностей исследованы более полно, представлены результаты УЗИ спинномозговых нервов плечевого сплетения, что важно в оценке пациентов с ММН и MADSAM, так как большинство исследователей не только указывают на вовлечение плечевого

сплетения, но и используют этот факт в дифференциальной диагностике с другими вариантами неврологических нарушений [5, 23–25]. Это определяет возрастающий интерес к результатам магнитно-резонансных исследований плечевого сплетения при обсуждаемой патологии [23, 26].

Наблюдение за пациенткой Д. продолжалось в течение 6 мес с указанием интервалов введения ВВИГ, что позволило показать относительную устойчивость достигнутых положительных результатов терапии для нервов рук, а также спинномозговых нервов. Положительные изменения в плечевом сплетении были выражены в меньшей степени и не достигали нормальных значений. Кроме того, субъективное функциональное улучшение, которое пациентка оценивала как практически нормальное состояние, по-прежнему сопровождалось асимметричными изменениями ППС периферических нервов. Отсутствие корреляций между клиническим улучшением, данными ЭМГ и УЗ-изменениями периферических нервов у пациентов с ММН [4], а также ухудшение УЗ-показателей при вынужденном перерыве в лечении в наблюдаемом случае еще раз свидетельствуют о том, что ММН является текущим хроническим заболеванием, реагирующим на терапию ВВИГ.

Заключение

Представленное наблюдение в совокупности с немногочисленными данными литературы показывает, что УЗИ периферических нервов у пациентов с ММН, как и при других дизиммунных нейропатиях, может быть использовано в качестве способа наблюдения за ответом на патогенетическую терапию. Для анализа реакции нервов конечностей и спинномозговых нервов на введение ВВИГ требуются дальнейшие проспективные исследования на больших когортах пациентов и объединение усилий научных коллективов основных зарубежных и отечественных центров по изучению дизиммунных нейропатий.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, равном участии в проведении исследования, обработке материала и написании статьи.

Работа была выполнена при некоммерческой поддержке НОЧУ ДПО «Учебный центр по непрерывному медицинскому и фармацевтическому образованию». Препарат «И.Г. ВЕНА Н.И.В.» был предоставлен благотворительным фондом помощи пациентам с нервно-мышечными болезнями «НМБ» (Москва).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Joint Task Force of the EFNS and the PNS. European Federation of Neurological Societies/Peripheral Nerve Society guideline on management of multifocal motor neuropathy. Report of a joint task force of the European Federation of Neurological Societies and the Peripheral Nerve Society – first revision. *J Peripher Nerv Syst* 2010;15(4):295–301. DOI: 10.1111/j.1529-8027.2010.00290.x. PMID: 21199100.
2. Lawson V.H., Arnold W.D. Multifocal motor neuropathy: a review of pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2014;10:567–76. DOI: 10.2147/NDT.S39592. PMID: 24741315.
3. Kerasnoudis A. Correlation of sonographic and electrophysiological findings in a patient with multifocal motor neuropathy. *J Neuroimaging* 2014;24(3):305–7.

- DOI: 10.1111/j.1552-6569.2012.00757.x. PMID: 23253207.
4. Kerasnoudis A., Pitarokoili K., Behrendt V. et al. Multifocal motor neuropathy: correlation of nerve ultrasound, electrophysiological, and clinical findings. *J Peripher Nerv Syst* 2014;19(2):165–74. DOI: 10.1111/jns5.12067. PMID: 24862982.
5. van Es H.W., Van den Berg L.H., Franssen H. et al. Magnetic resonance imaging of the brachial plexus in patients with multifocal motor neuropathy. *Neurology* 1997;48(5):1218–24. PMID: 9153446.
6. Basta I., Nikolić A., Apostolski S. et al. Diagnostic value of combined magnetic resonance imaging examination of brachial plexus and electrophysiological studies in multifocal motor neuropathy. *Vojnosanit Pregl* 2014;71(8):723–9. PMID: 25181830.
7. Jongbloed B.A., Haakma W., Goedee H.S. et al. Comparative study of peripheral nerve MRI and ultrasound in multifocal motor neuropathy and amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve* 2016;54(6):1133–5. DOI: 10.1002/mus.25391. PMID: 27571543.
8. Beekman R., van den Berg L.H., Franssen H. et al. Ultrasonography shows extensive nerve enlargements in multifocal motor neuropathy. *Neurology* 2005;26;65(2):305–7. DOI: 10.1212/01.wnl.0000169179.67764.30. PMID: 16043806.
9. Goedee H.S., Brekelmans G.J., van Asseldonk J.T. et al. High resolution sonography in the evaluation of the peripheral nervous system in polyneuropathy: a review of the literature. *Eur J Neurol* 2013;20(10):1342–51. DOI: 10.1111/ene.12182. PMID: 23701599.
10. Imamura K., Tajiri Y., Kowa H. et al. Peripheral nerve hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy detected by ultrasonography. *Intern Med* 2009;48:581–2.
11. Grimm A., Décard B.F., Athanasopoulou I. et al. Nerve ultrasound for differentiation between amyotrophic lateral sclerosis and multifocal motor neuropathy. *J Neurol* 2015;262(4):870–80. DOI: 10.1007/s00415-015-7648-0. PMID: 25626722.
12. Дружинин Д.С., Наумова Е.С., Никитин С.С. Ультразвуковая визуализация периферических нервов при мультифокальной моторной нейропатии и хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии. *Нервно-мышечные болезни* 2016;6(1):63–7. [Druzhinin D.S., Naumova E.S., Nikitin S.S. Nerve sonography in multifocal motor neuropathy and chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Nervno-myshechnye bolezni = Neuromuscular Diseases* 2016;6(1):63–7. (In Russ.)]. DOI: 10.17650/2222-8721-2016-6-1-63-73.
13. Cartwright M.S., Mayans D.R., Gillson N.A. et al. Nerve cross – sectional area in extremes of age. *Muscle Nerve* 2013;47(6):890–3. DOI: 10.1002/mus.23718. PMID: 23670837.
14. Boehm J., Scheidl E., Berezcki D. et al. High-resolution ultrasonography of peripheral nerves: measurements on 14 nerve segments in 56 healthy subjects and reliability assessments. *Ultraschall Med* 2014;35(5):459–67. DOI: 10.1055/s-0033-1356385. PMID: 24764211.
15. Merola A., Rosso M., Romagnolo A. et al. Peripheral nerve ultrasonography in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy and multifocal motor neuropathy: correlations with clinical and neurophysiological data. *Neurol Res Int* 2016;2016:9478593. DOI: 10.1155/2016/9478593. PMID: 27313890.
16. Zaidman C.M., Harms M.B., Pestronk A. Ultrasound of inherited vs. acquired demyelinating polyneuropathies. *J Neurol* 2013;260(12):3115–21. DOI: 10.1007/s00415-013-7123-8. PMID: 24101129.
17. Kerasnoudis A., Pitarokoili K., Gold R., Yoon M.S. Nerve ultrasound and electrophysiology for therapy monitoring in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *J Neuroimaging* 2015;25(6):931–39. DOI: 10.1111/jon.12279. PMID: 26242571.
18. Zaidman C.M., Al-Lozi M., Pestronk A. Peripheral nerve size in normals and patients with polyneuropathy: an ultrasound study. *Muscle Nerve* 2009;40(6):960–6. DOI: 10.1002/mus.21431. PMID: 19697380.
19. Scheidl E., Böhm J., Simo M. et al. Ultrasonography of MADSAM neuropathy: focal nerve enlargements at sites of existing and resolved conduction blocks. *Neuromuscular Disord* 2012;22(7):627–31. DOI: 10.1016/j.nmd.2012.03.005. PMID: 22513319.
20. Smith E.C., Hobson-Webb L.D., Massey E. Nerve ultrasound in motor conduction block: Pre- and post-treatment findings. *Clin Neurophysiol* 2009;120:e120. DOI: 10.1016/j.clinph.2008.10.065c.
21. Tanaka K., Ota N., Harada Y. et al. Normalization of sonographical multifocal nerve enlargements in a MADSAM patient following a good clinical response to intravenous immunoglobulin. *Neuromuscular Disord* 2016;26(9):619–23. DOI: 10.1016/j.nmd.2016.06.008. PMID: 27460345.
22. Chiò A., Cocito D., Bottacchi E. et al. Idiopathic chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy: an epidemiological study in Italy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007;78(12):1349–53. DOI: 10.1136/jnnp.2007.114868. PMID: 17494979.
23. Echaniz-Laguna A., Dietemann J.L. Neurological picture. Seeing the blocks: MRI of the brachial plexus in multifocal motor neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2011;82(7). DOI: 10.1136/jnnp.2010.239210. PMID: 21429903.
24. Léger J.M., Guimarães-Costa R., Ferfoglia R. The pathogenesis of multifocal motor neuropathy and an update on current management options. *Ther Adv Neurol Disord* 2015;8(3):109–22. DOI: 10.1177/1756285615575269. PMID: 25941538.
25. Perić S., Lavrić S., Basta I. et al. Significance of magnetic resonance imaging in differential diagnosis of nontraumatic brachial plexopathy. *Vojnosanit Pregl* 2011;68(4):327–31. PMID: 21627017.
26. Loewenbrück K.F., Liesenberg J., Dittrich M. et al. Nerve ultrasound in the differentiation of multifocal motor neuropathy (MMN) and amyotrophic lateral sclerosis with predominant lower motor neuron disease (ALS/LMND). *J Neurol* 2016;263(1):35–44. DOI: 10.1007/s00415-015-7927-9. PMID: 26477025.