

Нейровизуализационные дифференциально-диагностические маркеры при мультифокальной моторной нейропатии и мультифокальном варианте хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии

Т.А. Тумилович, В.В. Синькова, Д.А. Гришина, Н.А. Супонева,
С.Н. Морозова, М.В. Кротенкова, А.В. Мансурова, А.О. Чечёткин

Научный центр неврологии, Москва, Россия

Аннотация

Введение. Одинаковый асимметричный паттерн двигательных нарушений и однонаправленные нейрофизиологические изменения, регистрируемые при мультифокальной моторной нейропатии (ММН) и мультифокальном варианте хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии (мХВДП), усложняют проведение дифференциального диагноза между этими двумя хроническими дизиммунными нейропатиями, терапевтическая тактика которых существенно различается. Отсутствие отличительных специфических параклинических маркеров зачастую приводит к ошибочному суждению о диагнозе и выбору неэффективной патогенетической терапии. Актуален прицельный поиск внутригрупповых нейровизуализационных различий.

Цель исследования: определить нейровизуализационные дифференциально-диагностические маркеры при ММН и мХВДП.

Материалы и методы. В исследование были включены 65 пациентов: 30 – с диагнозом ММН и 35 – с диагнозом мХВДП, наблюдающиеся в Центре заболеваний периферической нервной системы ФГБНУ «Научный центр неврологии». Проведены ретроспективный анализ клинично-эпидемиологических характеристик пациентов, сонографическое и магнитно-резонансное (МРТ) обследование.

Результаты. У пациентов с мХВДП по сравнению с ММН при УЗИ длинных периферических нервов рук, спинномозговых нервов и стволов плечевых сплетений отмечены значимо большие величины площади поперечного сечения и частота регистрации интраневральных сонографических изменений. С помощью ROC-анализа определены пороговые величины площади поперечного сечения срединного нерва, значимые для дифференциальной диагностики ММН и мХВДП. В 41,4% случаев у пациентов с ММН МРТ-картина исследования плечевых сплетений была сопоставима с нормой, при мХВДП патологические изменения не выявлены в 27,3% случаев. При этом наличие STIR-гиперинтенсивного сигнала от плечевых сплетений наиболее характерно для пациентов с мХВДП и встречалось более чем в 70% случаев.

Заключение. В ходе настоящего исследования впервые в России на большой выборке пациентов проведён детальный сравнительный анализ данных нейровизуализационных методов исследования у пациентов с ММН и мХВДП; определены сонографические дифференциально-диагностические маркеры, показаны преимущества и ограничения ультразвукового и МРТ-исследований плечевых сплетений, спинномозговых и периферических нервов в диагностике мультифокальных хронических дизиммунных нейропатий.

Ключевые слова: мультифокальная моторная нейропатия; мультифокальный вариант хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии; ультразвуковое исследование; магнитно-резонансная томография плечевых сплетений; дизиммунные нейропатии

Этическое утверждение. Исследование проводилось при добровольном информированном согласии пациентов. Протокол исследования одобрен Этическим комитетом Научного центра неврологии (протокол № 10-4/21 от 17.11.2021).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешних источников финансирования при проведении исследования.

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

Адрес для корреспонденции: 125367, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 80. ФГБНУ «Научный центр неврологии». E-mail: tumilovich.taisiya@bk.ru. Тумилович Т.А.

Для цитирования: Тумилович Т.А., Синькова В.В., Гришина Д.А., Супонева Н.А., Морозова С.Н., Кротенкова М.В., Мансурова А.В., Чечёткин А.О. Нейровизуализационные дифференциально-диагностические маркеры при мультифокальной моторной нейропатии и мультифокальном варианте хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2024;18(1):20–32.

DOI: <https://doi.org/10.54101/ACEN.2024.1.3>

Поступила 27.10.2023 / Принята в печать 29.11.2023 / Опубликовано 25.03.2024

Neuroimaging Markers for Differential Diagnosis Between Multifocal Motor Neuropathy and Multifocal Acquired Demyelinating Sensory and Motor Neuropathy

Taisiya A. Tumilovich, Victoria V. Sinkova, Daria A. Grishina, Natalia A. Suponeva, Sofya N. Morozova, Marina V. Krotenkova, Anna V. Mansurova, Andrey O. Chechetkin

Research Center of Neurology, Moscow, Russia

Abstract

Introduction. Similar asymmetric patterns of motor disorders and neurophysiological changes complicate the differential diagnosis between multifocal motor neuropathy (MMN) and multifocal acquired demyelinating sensory and motor neuropathy (MADSAM) as two chronic dysimmune neuropathies with significantly different treatment approaches. The lack of specific paraclinical markers often result in misdiagnosis and selection of ineffective specific therapy. Identification of specific neuroimaging biomarkers to differentiate these conditions may improve diagnostic approaches.

Objective: To identify neuroimaging markers for the differential diagnosis between MMN and MADSAM.

Materials and methods. The study included 65 participants, particularly 30 individuals with MMN and 35 individuals with MADSAM followed up in the Center of Peripheral Nervous System Diseases, Research Center of Neurology, Moscow, Russia. We retrospectively analyzed their clinical and epidemiological characteristics as well as ultrasonography and magnetic resonance imaging (MRI) findings.

Results. Ultrasonography was performed on the peripheral nerves of the upper extremities, the spinal nerves, and the brachial plexus. The results showed that participants with MADSAM had significantly greater cross-sectional areas (CSAs) and a higher incidence of intraneural ultrasonographic abnormalities compared to participants with MMN. CSA thresholds of the median nerves were identified using ROC analysis to differentiate between MMN and MADSAM. MRI scans of the brachial plexus revealed no abnormalities in 41.4% of the individuals with MMN and 27.3% of the individuals with MADSAM. Meanwhile, STIR hyperintense signal from the brachial plexus was most typical (> 70%) for the MADSAM group.

Conclusions. This was the first detailed comparative analysis of neuroimaging findings in a large sample of patients with either MMN or MADSAM in Russia. Ultrasonographic markers for differential diagnosis have been determined. The advantages and limitations of ultrasonography and MRI of the brachial plexus and the spinal and peripheral nerves in diagnosing multifocal chronic dysimmune neuropathies have been demonstrated.

Keywords: multifocal motor neuropathy, multifocal acquired demyelinating sensory and motor neuropathy, ultrasonography of peripheral nerves, magnetic resonance imaging of the brachial plexus, dysimmune neuropathies

Ethics approval. The study was conducted with the informed consent of the patients. The research protocol was approved by the Ethics Committee of the Research Center of Neurology (protocol No. 10-4/21, November 17, 2021).

Source of funding. The study was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For correspondence: 125367, Russia, Moscow, Volokolamskoye shosse, 80. Research Center of Neurology.
E-mail: tumilovich.taisiya@bk.ru. Tumilovich T.A.

For citation: Tumilovich T.A., Sinkova V.V., Grishina D.A., Suponeva N.A., Morozova S.N., Krotenkova M.V., Mansurova A.V., Chechetkin A.O. Neuroimaging markers for differential diagnosis between multifocal motor neuropathy and multifocal acquired demyelinating sensory and motor neuropathy. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2024;18(1):20–32. (In Russ.)

DOI: <https://doi.org/10.54101/ACEN.2024.1.3>

Received 27.10.2023 / Accepted 29.11.2023 / Published 25.03.2024

Введение

Одинаковый асимметричный паттерн двигательных нарушений и однонаправленные нейрофизиологические изменения, регистрируемые при мультифокальной моторной нейропатии (ММН) и мультифокальном варианте хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии (мХВДП), усложняют проведение дифференциального диагноза между этими двумя хроническими дизиммунными нейропатиями (ХДН), терапевтическая тактика которых существенно различается [1, 2]. Несмотря на постоянное совершенствование критериев диагностики ХВДП и ММН, отсутствие отличительных специфических параклинических маркёров зачастую приводит к ошибочному суждению о диагнозе, что в дальнейшем обуславливает выбор неэффективной патогенетической терапии [1–3].

Значимость нейровизуализационных методов исследования периферических нервов и плечевых сплетений (ПС) – ультразвукового исследования (УЗИ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) – в диагностике ХДН к настоящему времени доказана [4–6]. Однако возможности указанных методов диагностики при проведении дифференциального диагноза между ММН и мХВДП и их взаимозаменяемость активно обсуждаются.

Цель исследования: определить нейровизуализационные дифференциально-диагностические маркеры при ММН и мХВДП.

Материалы и методы

В исследование были включены пациенты с диагнозом ММН ($n = 30$) и мХВДП ($n = 35$), наблюдающиеся в Центре заболеваний периферической нервной системы ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Критерии включения в исследование:

- возраст старше 18 лет;
- соответствие диагностическим критериям ХВДП (European Academy of Neurology/Peripheral Nerve Society (EAN/PNS), 2021);
- соответствие диагностическим критериям ММН (EFNS/PNS, 2010);
- подписание добровольного информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования:

- возраст менее 18 лет;
- несоответствие диагностическим критериям ММН и ХВДП;
- наличие противопоказаний к проведению сонографического и МРТ-исследования;
- тяжёлые соматические заболевания в стадии декомпенсации;
- отказ от участия в исследовании.

Проведён ретроспективный анализ клинико-эпидемиологических характеристик включённых в исследование пациентов (пол, возраст на момент дебюта заболевания и на момент включения в исследование, длительность

заболевания, длительность от дебюта симптоматики до начала патогенетического лечения).

Сонографическое обследование выполняли на приборе «Philips Elite» в В-режиме с использованием линейного датчика с частотой 4–18 МГц. Исследовали длинные периферические нервы верхних конечностей с двух сторон (срединные, локтевые и лучевые нервы) в 23 точках, а также ПС в 7 областях справа и слева. В каждой точке исследования оценивали площадь поперечного сечения нерва (ППС), которую измеряли с помощью функции эллипса или вручную в случае неправильной формы поперечного сечения по внутреннему краю гиперэхогенной границы нерва. За нормативные значения ППС исследуемых структур были взяты показатели, представленные в работах А. Kerasnoudis и соавт. [7] и А. Grimm и соавт. [8]. В каждой точке исследования анализировали также интраневральные изменения, классифицируемые по алгоритму L. Padua и соавт. [9].

МРТ-исследование пациентов проводили на магнитно-резонансном томографе «Magnetom Siemens Prisma» с величиной индукции магнитного поля 3 Т по единому стандартному протоколу. Для оценки толщины и интенсивности МР-сигнала использовали трёхмерную последовательность STIR с высоким разрешением ($TR = 3000$ мс; $TE = 281$ мс; $TI = 230$ мс, размер реконструированного воксела $0,4 \times 0,4 \times 0,9$ мм, $FOV = 350$ мм, количество срезов 144, длительность сканирования 7 мин 27 с). У каждого испытуемого измеряли толщину передних ветвей спинномозговых нервов на уровне C4–C7 (N5–N7) на равноудалённом расстоянии от соответствующего ганглия с обеих сторон, а также на уровне максимального утолщения; для статистического анализа использовали наибольший показатель. Кроме того, качественно оценивали интенсивность МР-сигнала от ПС на всём видимом уровне. При оценке МРТ-изображений использовали рекомендованные нормативы EAN/PNS (2021), где пороговым показателем нормальной толщины являются 5 мм в коронарном изменении. В данной работе мы представляем оценку данного параметра, опираясь на вышеупомянутый принятый на сегодняшний день единый норматив (утолщены/не утолщены). Кроме того, в режиме STIR качественно оценивали интенсивность МР-сигнала от ПС (повышена/не повышена), опираясь на опыт врача-рентгенолога, без использования количественных методик.

Статистический анализ проводили с применением программного пакета «SPSS Statistics v. 23.0» («IBM»). Во всех случаях использовали двусторонние варианты статистических критериев. Тип распределения количественных показателей оценивали путём анализа частотных гистограмм. Для описания количественных переменных использовали медиану (Me) и квартили [Q_1 ; Q_3], а также среднее и стандартное отклонение (при нормальном распределении), для описания категориальных переменных – частоту и долю (в процентах).

Для сравнения 2 несвязанных групп по количественным переменным с нормальным распределением применяли Т-тест для несвязанных совокупностей, с ненормальным распределением – тест Манна–Уитни; для сравнения

Таблица 1. Эпидемиологические и клинико-анамнестические данные включённых в исследование пациентов
Table 1. Epidemiological, clinical and medical history data of patients included in the study

Характеристика Characteristic	Пациенты с ММН Patients with MMN	Пациенты с мХВДП Patients with MADSAM	<i>p</i>
Число пациентов Number of participants			
	30	35	–
Пол Sex	мужской male, <i>n</i> (%)	18 (60,0%)	0,290
	женский female, <i>n</i> (%)	12 (40,0%)	
Возраст на момент включения в исследование, лет Enrollment age, years	<i>M</i> ± <i>SD</i>	49,7 ± 10,1	0,519
	Me [Q ₁ ; Q ₃]	49,0 [41,0; 56,0]	
Длительность заболевания, лет Disease duration, years	Me [Q ₁ ; Q ₃]	10,0 [7,0; 13,0]	0,001
		6,0 [4,0; 8,0]	

2 несвязанных групп по категориальным переменным использовали тест χ^2 Пирсона, а при наличии ограничений к его применению – точный критерий Фишера. Для оценки возможностей использования ППС срединного нерва в качестве диагностического маркера проводили ROC-анализ. Оптимальные пороговые значения показателей определяли с учетом индекса Йодена, который рассчитывается как сумма чувствительности и специфичности минус 1.

Результаты

В исследование было включено 65 пациентов: 30 пациентов с ММН (1-я группа) – 12 (40%) женщин и 18 (60%) мужчин в возрасте 34–68 лет (Me = 49,0 [41,0; 56,0]) и 35 пациентов с мХВДП (2-я группа) – 9 (25,7%) женщин и 26 (74,3%) мужчин в возрасте 25–78 лет (Me = 52,0 [40,0; 61,0]; табл. 1). Гендерных и возрастных различий в группах не отмечено. Длительность заболевания у пациентов с ММН оказалась статистически значимо большей по сравнению с больными с мХВДП ($p = 0,001$). Группы состояли из получавших ранее патогенетическое лечение и нативных пациентов: в группе ММН – 24 (80%) и 6 (20%) пациентов, в группе мХВДП – 20 (57%) и 15 (43%) пациентов соответственно.

Сравнительная оценка результатов УЗИ длинных периферических нервов верхних конечностей у пациентов с ММН и мХВДП

Сравнительный анализ результатов УЗИ длинных периферических нервов верхних конечностей в 23 точках с каждой стороны показал, что различия между двумя группами пациентов при пороговом уровне значимости менее 0,05 выявляются в 34 (73,9%) точках из 46 возможных. В этой связи пороговый уровень значимости был повышен до 0,005, что позволило сократить количество точек, в которых выявлялись статистически значимые различия между группами, до 12 (26%) (табл. 2).

У пациентов с мХВДП по сравнению с пациентами с ММН значения средней величины ППС срединного нерва с одной из сторон оказались значимо выше при исследовании нерва на уровне нижней и верхней трети предплечья, на уровне локтевого сгиба, нижней и верхней трети плеча и с двух сторон в подмышечной области ($p < 0,005$). При визуализации локтевого нерва подобные изменения наблюдались на уровне верхней трети предплечья,

и в подмышечной области с одной из сторон исследования ($p < 0,005$); при исследовании лучевого нерва – на уровне средней и верхней трети плеча с одной стороны ($p < 0,005$; табл. 2).

Учитывая, что наиболее часто разница между группами была получена при исследовании срединного нерва на разных уровнях, для оценки возможностей использования значения величины ППС срединного нерва в дифференциальном диагнозе между ММН и мХВДП проведён ROC-анализ. Учитывали модели с площадью под ROC-кривой (AUC) более 0,700. Пороговой величиной ППС срединного нерва, исследованного с одной из сторон, имеющей значимость в дифференциальной диагностике ММН и мХВДП и указывающей в пользу последней, оказалось значение:

- на уровне нижней трети предплечья $\geq 8,10$ мм² (AUC = 0,741; чувствительность 74%; специфичность 73%; рис. 1, A);
- на уровне верхней трети предплечья справа $\geq 7,25$ мм² (AUC = 0,766; чувствительность 71%; специфичность 70%; рис. 1, B);
- на уровне локтевого сгиба $\geq 9,9$ мм² (AUC = 0,731; чувствительность – 63%; специфичность – 73%; рис. 1, C);
- на уровне нижней трети плеча $\geq 11,65$ мм² (AUC = 0,712; чувствительность – 71%; специфичность – 70%; рис. 1, D);
- на уровне верхней трети плеча $\geq 12,55$ мм² (AUC = 0,707; чувствительность – 71%; специфичность – 77%; рис. 1, E);
- в подмышечной области $\geq 12,6$ мм² (AUC = 0,760; чувствительность – 71%; специфичность – 70%; рис. 1, F).

Сонографические изменения в обеих группах ожидаемо носили асимметричный характер, учитывая патофизиологические и клинические особенности рассматриваемых ХДН.

Сравнительный анализ УЗ-паттерна интраневральных сонографических изменений по классификации L. Pauda в точках исследования нервов рук показал, что указанные изменения достоверно чаще выявляются у пациентов в группе мХВДП, в то время как при ММН регистрируются в единичных случаях. Так, статистически значимо чаще интраневральные изменения 1-го или 2-го типа (увеличение ППС, увеличение отдельных фасцикул) выявлялись у пациентов с мХВДП при исследовании срединных нервов на уровне локтевого сгиба ($p = 0,003$), нижней тре-

Таблица 2. Сравнительный анализ сонографических изменений, выявляемых при УЗИ длинных периферических нервов рук у пациентов с ММН и мХВДП, мм² (Me [Q₁; Q₃])

Table 2. Comparative evaluation of USG findings on the long peripheral nerves of the upper extremities in patients with MMN and MADSAM, mm² (Me [Q₁; Q₃])

Нерв и уровень исследования Nerve and assessment level		Нормативные значения ППС Reference CSAs	Сторона Side	Пациенты с ММН Patients with MMN	Пациенты с мХВДП Patients with MADSAM	<i>p</i>	
Периферические нервы Peripheral nerves	Срединный нерв Median nerve	лучезапястный сустав radiocarpal joint	Правая Right	8,35 [7,50; 9,70]	8,90 [7,30; 11,30]	0,598	
			Левая Left	8,45 [7,50; 9,90]	9,30 [7,90; 10,30]	0,298	
		предплечье antebrachium	нижняя треть lower third	Правая Right	7,45 [6,30; 8,70]	8,60 [7,00; 10,10]	0,120
				Левая Left	6,60 [5,80; 8,50]	9,30 [7,80; 11,10]	0,001
		предплечье antebrachium	средняя треть middle third	Правая Right	6,75 [6,00; 8,20]	7,70 [6,70; 10,70]	0,011
				Левая Left	7,45 [6,30; 8,80]	8,90 [7,10; 12,40]	0,036
		предплечье antebrachium	верхняя треть upper third	Правая Right	6,35 [5,20; 7,40]	8,70 [6,70; 13,20]	< 0,001
				Левая Left	7,50 [6,10; 9,20]	9,10 [6,70; 12,20]	0,039
		локтевой сгиб antecubital fossa		Правая Right	8,30 [7,10; 10,70]	11,00 [8,10; 13,30]	0,006
				Левая Left	8,10 [6,90; 10,10]	12,20 [7,90; 16,60]	0,001
	плечо brachium	нижняя треть lower third	Правая Right	11,00 [9,00; 15,20]	13,70 [9,80; 20,00]	0,040	
			Левая Left	10,75 [8,60; 12,30]	14,30 [11,30; 23,00]	0,003	
		средняя треть middle third	Правая Right	12,50 [9,10; 15,20]	14,30 [10,10; 20,30]	0,069	
			Левая Left	10,70 [8,70; 12,80]	13,80 [9,80; 20,10]	0,006	
		верхняя треть upper third	Правая Right	11,10 [9,80; 12,40]	14,70 [12,10; 20,40]	0,004	
			Левая Left	10,55 [9,70; 12,60]	13,70 [8,70; 19,80]	0,035	
		подмышечная ямка axillary fossa		Правая Right	12,05 [10,20; 15,30]	17,10 [12,30; 26,70]	0,004
				Левая Left	10,30 [9,10; 13,10]	16,60 [11,10; 22,20]	< 0,001
	Локтевой нерв Ulnar nerve	лучезапястный сустав radiocarpal joint	Правая Right	5,35 [4,30; 6,60]	5,40 [4,60; 6,70]	0,693	
			Левая Left	5,30 [4,20; 6,30]	6,10 [5,20; 6,90]	0,053	
предплечье antebrachium		нижняя треть lower third	Правая Right	6,10 [4,70; 6,90]	6,60 [4,90; 7,60]	0,241	
			Левая Left	5,40 [4,70; 6,60]	6,60 [5,30; 8,90]	0,015	
предплечье antebrachium		средняя треть middle third	Правая Right	6,30 [5,30; 7,50]	7,60 [5,50; 9,00]	0,047	
			Левая Left	6,00 [5,10; 6,70]	6,90 [5,30; 10,70]	0,033	
предплечье antebrachium		верхняя треть upper third	Правая Right	6,00 [5,20; 8,30]	7,10 [5,80; 8,70]	0,107	
			Левая Left	5,90 [5,10; 7,00]	7,50 [6,30; 10,00]	0,001	

Продолжение табл. 2 на стр. 25

Продолжение табл. 2

Нерв и уровень исследования Nerve and assessment level		Нормативные значения ППС Reference CSAs	Сторона Side	Пациенты с ММН Patients with MMN	Пациенты с мХВДП Patients with MADSAM	<i>p</i>	
Периферические нервы Peripheral nerves	Локтевой нерв Ulnar nerve	локтевой сгиб antecubital fossa	Правая Right	8,15 [6,70; 11,00]	9,30 [7,10; 10,40]	0,608	
			Левая Left	8,35 [6,20; 9,50]	9,80 [6,80; 12,00]	0,016	
		плечо brachium	нижняя треть lower third	Правая Right	7,65 [6,50; 9,30]	9,90 [6,80; 15,20]	0,024
				Левая Left	7,40 [5,80; 9,60]	8,70 [7,10; 13,00]	0,017
		плечо brachium	средняя треть middle third	Правая Right	8,40 [6,70; 9,20]	10,70 [7,30; 14,40]	0,045
				Левая Left	8,40 [6,30; 10,60]	9,90 [6,80; 13,30]	0,100
		плечо brachium	верхняя треть upper third	Правая Right	7,60 [6,30; 9,80]	10,90 [7,70; 15,60]	0,003
				Левая Left	8,10 [7,00; 9,10]	10,10 [7,80; 13,70]	0,007
	подмышечная ямка axillary fossa		Правая Right	7,75 [6,40; 11,00]	11,60 [7,90; 17,90]	0,002	
			Левая Left	8,55 [6,60; 9,80]	10,80 [8,10; 17,20]	0,008	
	Лучевой нерв Radial nerve	локтевой сгиб antecubital fossa	Правая Right	6,70 [5,00; 7,80]	8,60 [5,70; 10,10]	0,010	
			Левая Left	8,10 [6,00; 11,40]	9,70 [7,40; 12,00]	0,041	
		плечо brachium	нижняя треть lower third	Правая Right	6,80 [5,40; 8,40]	8,30 [5,70; 9,20]	0,111
				Левая Left	7,30 [5,60; 8,40]	8,10 [6,30; 11,20]	0,067
		плечо brachium	средняя треть middle third	Правая Right	6,30 [5,00; 8,10]	7,70 [5,50; 10,50]	0,039
				Левая Left	6,00 [5,30; 7,40]	8,60 [6,30; 11,00]	0,002
плечо brachium		верхняя треть upper third	Правая Right	7,85 [6,10; 9,90]	9,40 [7,90; 14,20]	0,004	
			Левая Left	7,70 [6,40; 8,90]	9,60 [7,10; 13,30]	0,044	
подмышечная ямка axillary fossa		Правая Right	7,80 [6,70; 10,70]	10,80 [7,00; 16,10]	0,031		
		Левая Left	7,75 [6,70; 10,30]	9,60 [8,20; 15,30]	0,006		

ти плеча ($p = 0,012$) и подмышечной области ($p = 0,019$); при исследовании локтевых нервов – в нижней (справа $p = 0,013$; слева $p = 0,007$) и средней ($p = 0,008$) трети плеча и подмышечной области ($p = 0,003$), и при исследовании лучевых нервов – на уровне средней ($p = 0,013$) и верхней ($p = 0,017$) третей плеча.

Таким образом, у пациентов с мХВДП по сравнению с пациентами с ММН при УЗИ длинных периферических нервов рук отмечены значимо большая величина ППС и частота регистрации интраневральных сонографических изменений. Определены пороговые значения ППС средних нервов на разных уровнях исследования, имеющие значимость в дифференциальной диагностике ММН и мХВДП.

Сравнительная оценка результатов УЗИ спинномозговых нервов и ПС у пациентов с ММН и мХВДП

Увеличение диаметра спинномозговых нервов и ППС стволов ПС при УЗИ данных структур выявлено у 26 (87%) пациентов с ММН и у 32 (94%) пациентов с мХВДП. При этом исключительно односторонние изменения визуализировались у 6 (23%) из 26 пациентов с ММН и 3 (9%) из 32 пациентов с мХВДП (рис. 2).

У пациентов с мХВДП по сравнению с пациентами с ММН значения средней величины диаметра спинномозговых нервов и ППС стволов ПС с одной из сторон оказались статистически значимо больше (табл. 3). Значимая разница среднего значения ППС была отмечена при УЗИ

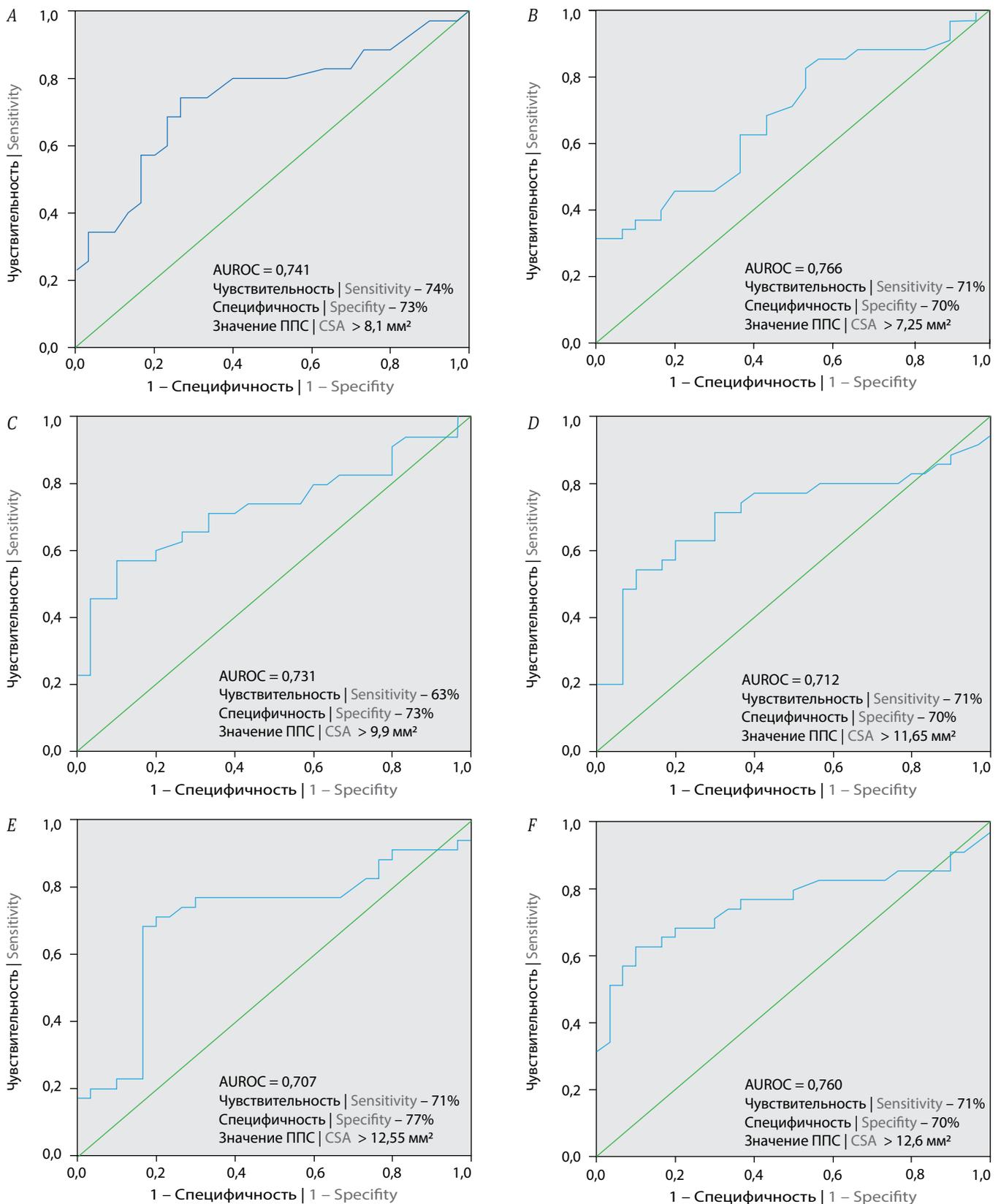


Рис. 1. ROC-анализ значимости величины ППС срединного нерва на разных уровнях исследования в дифференциальной диагностике ММН и мХВДП.

Fig. 1. ROC analysis of the significance of the median nerve CSA at various levels for the differential diagnosis between MMN and MADSAM.

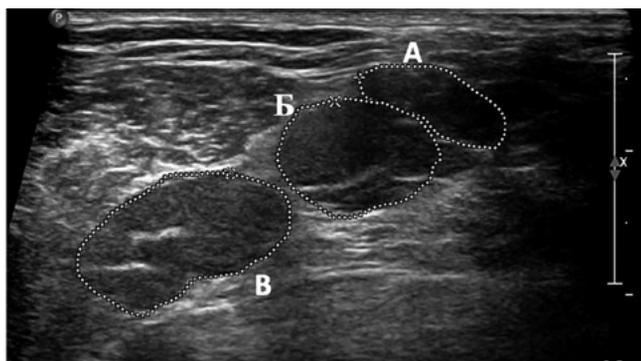


Рис. 2. Сонографическое исследование стволов ПС у пациента с мХВДП (катамнез 8 лет, исследование выполнено до начала патогенетической терапии).

При поперечном сканировании в межлестничном промежутке визуализируются три первичных ствола с увеличением ППС верхнего до 33,6 мм² (А), среднего до 68,9 мм² (В) и нижнего до 94,8 мм² (С) (норма < 8 мм²).

Fig. 2. USG of BP trunks in a patient with MADSAM (8-year follow-up history, pre-therapy assessment).

In the cross section, three primary trunks are seen in the scalene part, with enlarged upper ($\leq 33.6 \text{ mm}^2$; A), middle ($\leq 68.9 \text{ mm}^2$; B), and lower ($\leq 94.8 \text{ mm}^2$; C) primary trunks (reference < 8 mm²).

на уровне среднего и нижнего стволов ПС с одной из сторон; а также при поперечном сканировании области надключичной ямки ($p < 0,01$).

У пациентов с мХВДП по сравнению с пациентами с ММН значения средней величины диаметра спинномозговых нервов и ППС стволов ПС с одной из сторон оказались статистически значимо больше (табл. 3). Значимая разница среднего значения ППС была отмечена при УЗИ на уровне среднего и нижнего стволов ПС с одной из сторон; а также при поперечном сканировании области надключичной ямки ($p < 0,01$).

Таким образом, у пациентов с мХВДП по сравнению с пациентами с ММН при УЗИ спинномозговых нервов и стволов ПС отмечены значимо большие величины диаметров и ППС соответственно.

Сравнительная оценка результатов МР-исследования ПС у пациентов с ММН и мХВДП

Магнитно-резонансное исследование ПС было выполнено у 29 пациентов с ММН и 33 пациентов с мХВДП. Основная причина отказа пациентов от исследования — страх

Таблица 3. Сравнительный анализ изменений, выявляемых при УЗИ спинномозговых нервов и ПС у пациентов с ММН и мХВДП, Me [Q₁; Q₃]

Table 3. Comparative evaluation of USG findings of the spinal nerves and the BPs in patients with MMN and MADSAM, Me [Q₁; Q₃]

Уровень исследования Assessed level	Страна Side	Пациенты с ММН Patients with MMN	Пациенты с мХВДП Patients with MADSAM	<i>p</i>
Спинномозговые нервы, мм Spinal nerves, mm	С5 Правая Right	8,15 [7,50; 9,40]	9,30 [8,20; 14,80]	0,022
Спинномозговые нервы, мм Spinal nerves, mm	С5 Левая Left	8,65 [7,30; 11,20]	10,20 [7,00; 16,70]	0,171
Спинномозговые нервы, мм Spinal nerves, mm	С6 Правая Right	11,40 [9,00; 17,70]	14,70 [10,00; 20,50]	0,134
Спинномозговые нервы, мм Spinal nerves, mm	С6 Левая Left	12,60 [9,50; 14,50]	14,20 [11,90; 26,60]	0,023
Спинномозговые нервы, мм Spinal nerves, mm	С7 Правая Right	10,75 [9,40; 16,40]	13,50 [10,90; 19,80]	0,040
Спинномозговые нервы, мм Spinal nerves, mm	С7 Левая Left	13,20 [9,60; 15,70]	15,60 [12,00; 27,20]	0,039
ППС стволов ПС, мм ² BP trunk CSA, mm ²	верхний ствол upper trunk ($n < 8$) Правая Right	7,80 [6,20; 11,10]	9,80 [7,10; 15,60]	0,124
ППС стволов ПС, мм ² BP trunk CSA, mm ²	верхний ствол upper trunk ($n < 8$) Левая Left	7,15 [5,40; 11,60]	11,00 [6,90; 21,30]	0,069
ППС стволов ПС, мм ² BP trunk CSA, mm ²	средний ствол middle trunk ($n < 8$) Правая Right	12,10 [9,30; 15,70]	16,50 [11,20; 26,10]	0,040
ППС стволов ПС, мм ² BP trunk CSA, mm ²	средний ствол middle trunk ($n < 8$) Левая Left	10,25 [8,40; 15,90]	16,70 [11,70; 29,10]	0,009
ППС стволов ПС, мм ² BP trunk CSA, mm ²	нижний ствол lower trunk ($n < 8$) Правая Right	12,05 [9,10; 14,70]	15,40 [10,10; 20,80]	0,095
ППС стволов ПС, мм ² BP trunk CSA, mm ²	нижний ствол lower trunk ($n < 8$) Левая Left	13,25 [9,90; 15,30]	17,50 [11,70; 26,50]	0,004
ППС надключичной области, мм ² Supraclavicular fossa CSA, mm ²	Правая Right	66,15 [58,80; 98,00]	83,50 [66,20; 115,00]	0,024
ППС надключичной области, мм ² Supraclavicular fossa CSA, mm ²	Левая Left	70,35 [54,90; 90,60]	101,0 [74,60; 125,00]	0,002

Таблица 4. Сравнительный анализ изменений, выявляемых при МРТ ПС и спинномозговых нервов, у пациентов с ММН и мХВДП, n (%)

Table 4. Comparative evaluation of BP and spinal nerve MRI changes in the patients with MMN and MADSAM, n (%)

Характеристика Characteristic		Сторона Side	Пациенты с ММН Patients with MMN	Пациенты с мХВДП Patients with MADSAM	p
Увеличение стволов ПС Enlarged BP trunks	верхний ствол upper trunk	Правая Right	9 (31,0%)	16 (48,5%)	0,200
Увеличение стволов ПС Enlarged BP trunks	верхний ствол upper trunk	Левая Left	8 (27,6%)	17 (51,5%)	0,072
Увеличение стволов ПС Enlarged BP trunks	средний ствол middle trunk	Правая Right	13 (44,8%)	20 (60,6%)	0,308
Увеличение стволов ПС Enlarged BP trunks	средний ствол middle trunk	Левая Left	13 (44,8%)	20 (60,6%)	0,308
Увеличение стволов ПС Enlarged BP trunks	нижний ствол lower trunk	Правая Right	13 (44,8%)	18 (54,5%)	0,611
Увеличение стволов ПС Enlarged BP trunks	нижний ствол lower trunk	Левая Left	12 (41,4%)	17 (51,5%)	0,456
STIR-гиперинтенсивный сигнал от структур ПС (всего) STIR hyperintense BP signal (total)		Правая Right	16 (55,2%)	24 (72,7%)	0,188
STIR-гиперинтенсивный сигнал от структур ПС (всего) STIR hyperintense BP signal (total)		Левая Left	14 (48,3%)	27 (81,8%)	0,007
STIR-гиперинтенсивный сигнал от структур ПС без увеличения стволов ПС STIR hyperintense BP signal without enlarged BP trunks		–	5 (17,2%)	6 (18,2%)	1,000
Отсутствие изменений No changes		–	12 (41,4%)	9 (27,3%)	0,289

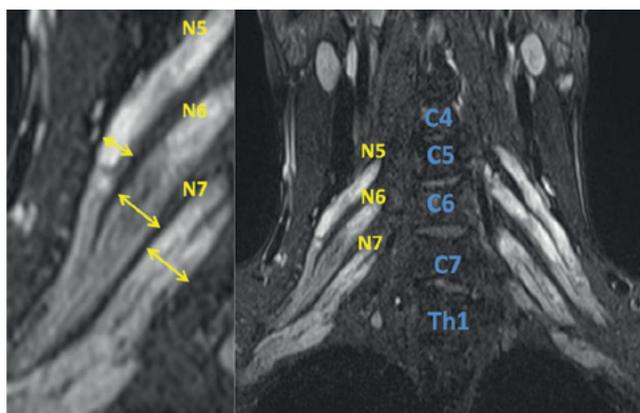


Рис. 3. МРТ ПС пациента с ММН (катамнез 13 лет, проводится поддерживающая терапия внутривенным иммуноглобулином в дозе 1 г/кг 1 раз в 4 нед).

В режиме STIR в коронарной проекции отмечается равномерное, симметричное выраженное (до 8 мм) утолщение ПС с двух сторон, сопровождающееся повышением МР-сигнала.

Fig. 3. MRI of BPs in a MMN patient (13-year follow-up history; assessed on maintenance therapy: intravenous immunoglobulin 1 g/kg every 4 weeks).

The coronal STIR MRI showed significant (≤ 8 mm) bilateral uniform symmetric BP thickening, with hyperintense signal.

замкнутого пространства (клаустрофобия). В 41,4% случаев у пациентов с ММН МР-картина исследования ПС была сопоставима с нормой, у пациентов с мХВДП патологические изменения не были выявлены в 27,3% случаев (табл. 4). Частота регистрации увеличения стволов ПС была одинаковой в обеих группах ($p > 0,05$). При этом наличие STIR-гиперинтенсивного сигнала от ПС наиболее характерно для пациентов с мХВДП и встречалось более чем в 70% случаев.

При качественном анализе получено несколько вариантов изменённой МР-картины стволов ПС в анализируемой выборке пациентов:

- симметричное выраженное диффузное утолщение ПС с двух сторон: в группе ММН – у 10 (34,5%) пациентов; в группе мХВДП – у 17 (51,5%) (рис. 3);
- асимметричное, диффузное утолщение ПС: в группе ММН – у 3 (10,3%) пациентов; в группе мХВДП – у 2 (6%) (рис. 4);
- локальное утолщение структур ПС: в группе ММН – у 4 (13,8%) пациентов; в группе мХВДП – у 5 (15,2%) (рис. 5);
- изолированное повышение МР-сигнала в режиме STIR без увеличения стволов ПС: в группе ММН – у 5 (17,2%) пациентов; в группе мХВДП – у 6 (18,2%) (рис. 6).

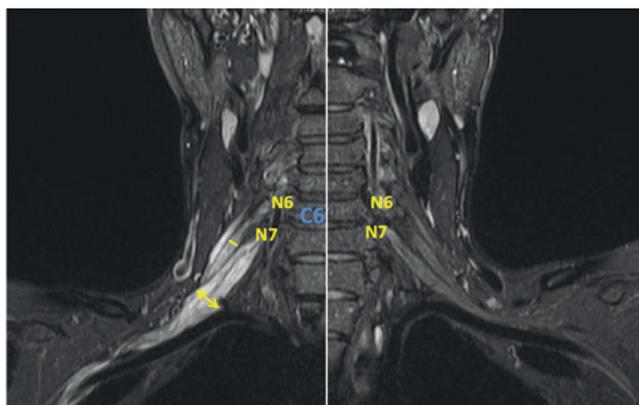


Рис. 4. МРТ ПС пациента с мХВДП (катамнез 6 лет, проводится поддерживающая терапия внутривенным иммуноглобулином в дозе 1 г/кг 1 раз в 12 нед в течение 2 лет).

В режиме STIR в коронарной проекции справа определяется диффузное выраженное утолщение N7 до 12 мм, сопровождающиеся повышением МР-сигнала. Повышение МР-сигнала отмечается и от других элементов ПС справа на всём видимом уровне без изменения толщины. Слева изменений нет.

Fig. 4. MRI of BPs in a MADSAM patient (6-year follow-up history; assessed on maintenance therapy: intravenous immunoglobulin 1 g/kg every 12 weeks for 2 years).

The coronal STIR MRI showed right-sided significant (≤ 12 mm) diffuse N7 thickening, with hyperintense signal. Hyperintense MRI signals from other right-sided BP elements were registered at the entire visible level with unchanged thickness. No changes on the left side.

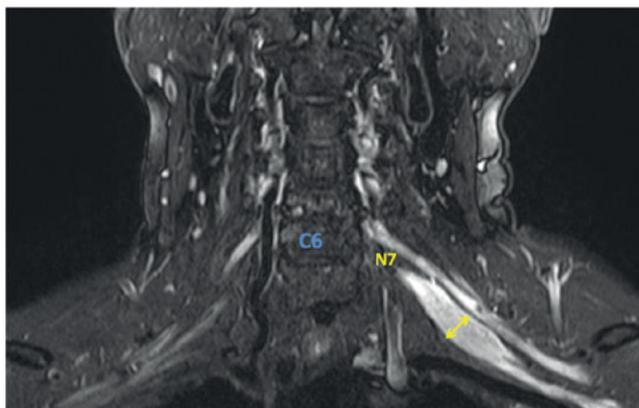


Рис. 5. МРТ ПС пациента с ММН (катамнез 10 лет, исследование выполнено до начала патогенетической терапии).

В режиме STIR в коронарной проекции отмечается локальное утолщение N7 слева на уровне первичного ствола до 11 мм, сопровождающиеся повышением МР-сигнала. Толщина других элементов ПС не изменена, однако МР-сигнал от них повышен с двух сторон.

Fig. 5. BP MRI in a MMN patient (10-year follow-up history, pre-therapy assessment).

The coronal STIR MRI showed left-sided local N7 (≤ 11 mm) primary trunk thickening, with hyperintense signal. Thickness of other BP elements remained unchanged; however, hyperintense MRI signal was registered bilaterally.

Таким образом, качественный анализ результатов МРТ-исследования ПС продемонстрировал достаточно однонаправленные изменения, которые не позволяют достоверно дифференцировать мХВДП и ММН.

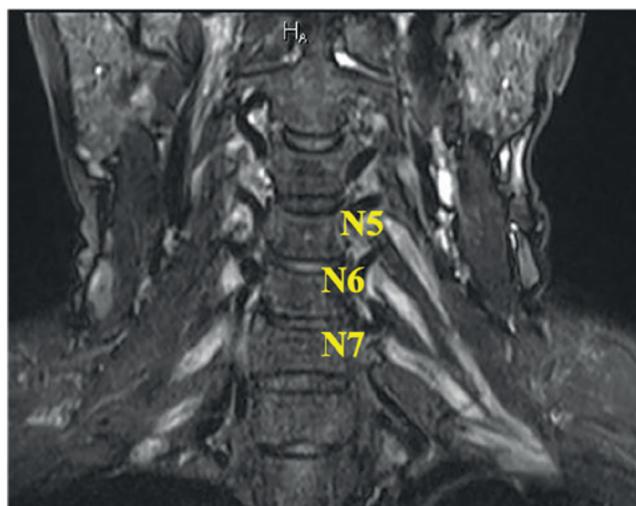


Рис. 6. МРТ ПС пациента с мХВДП (катамнез 6 лет, исследование выполнено на фоне терапии глюкокортикостероидами в течение 2 лет).

Отмечается повышение МР-сигнала в режиме STIR на всём видимом уровне с двух сторон без утолщения стволов ПС.

Fig. 6. MRI of BPs in a MADSAM patient (6-year follow-up history; assessed during 2-year glucocorticosteroid therapy).

Hyperintense STIR MRI signal bilaterally at the entire visible level without any thickened BP trunks.

Обсуждение

Первое описание ультразвуковой картины при ХВДП представлено в работе N. Taniguchi и соавт. [10]. Утолщение периферических нервов и проксимальных отделов ПС было обнаружено при рутинном УЗИ щитовидной железы у пациентки с трёхлетним катамнезом заболевания ХВДП [10]. Доступность и отсутствие инвазивного воздействия УЗИ инициировало дальнейшее изучение сонографической картины периферических нервов на корте пациентов с полинейропатиями различного генеза.

Первые работы были проведены на ограниченных выборках пациентов. В 2004 г. N. Matsuoka и соавт. обследовали 13 пациентов с ХВДП и зафиксировали увеличение в размере шейных спинномозговых нервов в 69% случаев [11], а в 2009 г. С. Zaidman и соавт. обследовали 36 человек с ХВДП и выявили более чем двукратное диффузное увеличение срединных и локтевых нервов в сравнении с контрольной группой, установили прямую корреляцию между сонографической картиной и длительностью заболевания, обратную корреляцию – между ППС исследуемых периферических нервов и скоростью проведения по моторным волокнам [12]. Ещё несколько работ ограничивались описанием небольшой серии клинических случаев с идеей соотносить увеличение ППС периферических нервов с тяжестью клинических проявлений ХВДП и ММН, наличием по данным электромиографического исследования блоков проведения и ответом на патогенетическую терапию [13–18]. Достоверных доказательств корреляции изменений при УЗИ и электромиографии с распределением и тяжестью неврологического дефицита получено не было [19, 20]. В ряде исследований показано, что при рецидивирующем тече-

нии заболевания ППС периферических нервов меньше, чем при прогрессирующем течении [16]. С другой стороны, было отмечено, что пациенты с ППС периферических нервов более нормативных значений и гипозоногенным УЗ-сигналом лучше реагируют на патогенетическое лечение, чем пациенты без увеличения ППС и с гиперинтенсивным УЗ-сигналом [9, 21].

L. Padua и соавт., кроме установления увеличения ППС, описали 3 типа интраневральных сонографических изменений при ХВДП: утолщение нерва с гипозоногенными фасцикулами (класс 1); утолщение нерва с гипо- и гиперзоногенными фасцикулами (класс 2); нормальное значение ППС нерва с гипозоногенным сигналом (класс 3) [9].

Последующие работы были нацелены на создание УЗ-протоколов, предназначенных для проведения дифференциального диагноза между полинейропатиями различного генеза с оценкой динамики заболевания [17, 22–25]. Так протокол представленный S. Goedee и соавт., показал, что увеличение ППС срединного нерва на уровне предплечья $> 13 \text{ мм}^2$ и на уровне плеча $> 10 \text{ мм}^2$, наряду с увеличением ППС любого из пучков ПС $> 8 \text{ мм}^2$, обладает 99% специфичностью в диагностике ХВДП [4].

Интерес представляют данные, полученные Д.С. Дружининым и соавт. при УЗИ периферических нервов у пациентов с ММН ($n = 13$) и ХВДП ($n = 7$) [26]. Авторы показали, что увеличение ППС ПС и периферических нервов выявляется при обоих ХДН и не имеет различий, при этом асимметрия сонографических изменений более характерна для ММН, тогда как при ХВДП отмечаются симметричные и диффузные изменения.

По результатам 20-летнего ретроспективного анализа накопленных данных в 2021 г. УЗИ периферических нервов признано EAN и PNS значимым дополнительным методом диагностики ХВДП [1]. В критериях ММН, напротив, сонографическая методика на момент написания статьи ещё отсутствует [2].

История МР-нейрографии начинается в начале 1990-х гг. В первых опубликованных работах был сделан акцент на МР-исследованиях конского хвоста [27–29]. В 1997 г. врачи из Нидерландов впервые продемонстрировали диагностические возможности применения МРТ ПС при дизиммунных нейропатиях [30].

В 1999 г. опубликовано исследование, в которое включили 14 пациентов с диагнозом ХВДП [31]. МРТ плечевых и поясничных сплетений показала, что увеличение в размере ПС обнаружено у 8 (57%) пациентов, а поясничных сплетений – у 6 (43%). Дополнительное МР-исследование на фоне контрастного усиления зафиксировало повышение МР-сигнала у 5 пациентов с гипертрофией сплетений и у 1 пациента без признаков гипертрофии, исходя из чего исследователями было сделано предположение, что накопление контрастного препарата напрямую зависит от активности заболевания [31].

На сегодняшний день использование внутривенного контрастного вещества при МР-нейрографии потеряло свою

диагностическую ценность при ХДН и требуется только при ограниченном ряде патологий периферических нервов (первичные объёмные поражения, метастатические изменения) [32]. На первое место в оценке изменений периферических нервов вышли последовательности с подавлением сигнала от жировой ткани (в частности, STIR), которые при условиях хорошего соотношения сигнала/шума (SNR), оптимальной контрастности и достаточного пространственного разрешения, достигаемого посредством современных высокопольных томографов ($\geq 1,5 \text{ Т}$), позволяют получить качественное селективное изображение столь мелких, имеющих сложный ход структур, минимизировав артефакты от дыхания и прилежащих сосудистых и мышечных структур и приближают нас к возможности качественной оценки ПС и дифференциальной диагностики различных форм дизиммунных нейропатий [33].

Таким образом, к настоящему времени получено достаточно доказательств высокой информативности УЗИ и МРТ в диагностике ХДН, однако актуальность проведения прицельного поиска внутригрупповых невровизуализационных различий сохраняется. Так, до сих пор является проблемой проведение дифференциальной диагностики двух мультифокальных ХДН – ММН и мХВДП.

В отличие от работы Д.С. Дружинина и соавт. [26] мы усложнили задачу, проведя сравнительный анализ ММН с мультифокальным (не типичным) вариантом ХВДП, увеличив количество пациентов и дополнив исследование данными МРТ.

Нами показано, что средние значения ППС по всем исследуемым нервам в группе пациентов с мХВДП значимо выше, чем при ММН. В основе выявленных сонографических особенностей, вероятно, лежат разные патофизиологические механизмы развития указанных ХДН: при мХВДП – демиелинизация и, как следствие, более выраженный отёк периферических нервов, при ММН – поражение нодальных и паранодальных зон нервных стволов и меньшая степень их отёка.

Как и в работе H.S. Goedee и соавт. [4], мы выявили, что из 3 длинных периферических нервов верхних конечностей (срединного, локтевого, лучевого) наибольшей диагностической информативностью обладает срединный нерв, а именно его проксимальный сегмент (выше локтевого сгиба). Мы впервые провели ROC-анализ и определили значения величин ППС срединного нерва на разных уровнях исследования, которые можно использовать в дифференциальной диагностике рассматриваемых ХДН. Следует обратить внимание на то, что чувствительность и специфичность полученных в нашем исследовании пороговых значений ППС варьировала в зависимости от исследуемых точек и стороны. Так, AUC [95% доверительный интервал] в ROC-моделях оценки ППС срединного нерва на уровне средней трети предплечья и плеча составила менее 0,7. Однако именно эти точки исследования входят в основу протоколов Ultrasound Pattern Sum Score [22] и короткого ультразвукового протокола [4], которые широко используются в диагностике дизиммунных нейропатий. В этой связи, учитывая полученные нами данные, при проведении дифференциальной диагностики

ММН и мХВДП мы рекомендуем не ограничиваться указанными протоколами исследования, а расширять объём обследования с включением в анализ нижних и верхних сегментов предплечья и плеча.

Обследуя пациентов с мХВДП, мы чаще выявляли утолщение периферических нервов на всём протяжении, тогда как при ММН характерным было сегментарное и преимущественно ассиметричное изменение ультразвуковой картины. Подобный факт был описан ранее [26, 34, 35].

МРТ спинномозговых нервов и ПС в нашей работе не продемонстрировала существенных различий у пациентов с ММН и мХВДП. Кроме того, качественные характеристики оценки ПС при МРТ (утолщены/не утолщены; повышен/не повышен МР-сигнал в режиме STIR) обладают достаточно низкой диагностической ценностью у пациентов с ХДН, особенно если изменения выражены незначительно. Качественный анализ данных при МРТ проигрывает УЗИ, при котором возможно количественно оценить изменения (оценка величин диаметра и ППС) и которое является менее дорогостоящим исследованием. В этой связи актуальным остаётся определение в последующих исследованиях количественных МР-параметров

и анализ их значимости в дифференциальной диагностике мультифокальных ХДН.

В ранее опубликованных работах показано, что комбинация УЗИ и МРТ повышает диагностическую ценность обоих исследований до 83% при обследовании пациентов с ХВДП, при этом авторы указывают, что оба метода могут быть взаимозаменяемы [4]. В нашем исследовании мы показали, что пациенты с нормальными значениями ППС по данным УЗИ периферических нервов могут иметь исключительно изолированное повышение МР-сигнала от стволов ПС в режиме STIR (в группе ММН – 2/29 (6,9%); в группе мХВДП – 1/33 (3,0%), что будет косвенно указывать на наличие у пациента ХДН.

Заключение

В ходе настоящего исследования впервые в России на большой выборке пациентов проведён детальный сравнительный анализ данных нейровизуализационных методов исследования у пациентов с ММН и мХВДП; определены сонографические дифференциально-диагностические маркеры, показаны преимущества и ограничения УЗИ и МРТ ПС, спинномозговых и периферических нервов в диагностике мультифокальных ХДН.

Список источников / References

1. Van den Bergh P.Y.K., van Doorn P.A., Hadden R.D.M. et al. European Academy of Neurology/Peripheral Nerve Society guideline on diagnosis and treatment of chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy: Report of a joint Task Force-Second revision. *J. Peripher. Nerv. Syst.* 2021;26(3):242–268. DOI: 10.1111/jns.12455
2. Joint Task Force of the Efn 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
3. Al-Zuhairy A., Sindrup S.H., Andersen H., Jakobsen J. A population-based study of long-term outcome in treated chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Muscle Nerve.* 2020;61(3):316–324. DOI: 10.1002/mus.26772
4. Goedee H.S., Jongbloed B.A., van Asseldonk J.H. et al. A comparative study of brachial plexus sonography and magnetic resonance imaging in chronic inflammatory demyelinating neuropathy and multifocal motor neuropathy. *Eur. J. Neurol.* 2017;24(10):1307–1313. DOI: 10.1111/ene.13380
5. Морозова С.Н., Синькова В.В., Гришина Д.А. и др. Основы стандартной визуализации периферической нервной системы: МР-нейрография. *Digital Diagnostics.* 2023;4(3):356–368. Morozova S.N., Sinkova V.V., Grishina D.A. et al. Conventional magnetic resonance imaging of peripheral nerves: MR-neurography. *Digital Diagnostics.* 2023;4(3):356–368. DOI: 10.17816/DD430292
6. Telleman J.A., Herraets I.J.T., Goedee H.S. et al. Nerve ultrasound: a reproducible diagnostic tool in peripheral neuropathy. *Neurology.* 2019;92(5):e443–e450. DOI: 10.1212/WNL.0000000000006856
7. Kerasnoudis A., Pitarokouli K., Behrendt V. et al. Cross sectional area reference values for sonography of peripheral nerves and brachial plexus. *Clin. Neurophysiol.* 2013;124(9):1881–1888. DOI: 10.1016/j.clinph.2013.03.007
8. Grimm A., Axer H., Heiling B., Winter N. Nerve ultrasound normal values – Readjustment of the ultrasound pattern sum score UPSS. *Clin. Neurophysiol.* 2018;129(7):1403–1409. DOI: 10.1016/j.clinph.2018.03.036
9. Padua L., Granata G., Sabatelli M. et al. Heterogeneity of root and nerve ultrasound pattern in CIDP patients. *Clin. Neurophysiol.* 2014;125(1):160–165. DOI: 10.1016/j.clinph.2013.07.023

10. Taniguchi N., Itoh K., Wang Y. et al. Sonographic detection of diffuse peripheral nerve hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. *J. Clin. Ultrasound.* 2000;28(9):488–491. DOI: 10.1002/1097-0096(200011/12)28:9<488::aid-jcu7>3.0.co;2-7
11. Matsuoka N., Kohriyama T., Ochi K. et al. Detection of cervical nerve root hypertrophy by ultrasonography in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. *J. Neurol. Sci.* 2004;219(1-2):15–21. DOI: 10.1016/j.jns.2003.11.011
12. 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):960–966. DOI: 10.1002/mus.21431
13. Granata G., Pazzaglia C., Calandro P. et al. Ultrasound visualization of nerve morphological alteration at the site of conduction block. *Muscle Nerve.* 2009;40(6):1068–1070. DOI: 10.1002/mus.21449
14. Imamura K., Tajiri Y., Kowa H., Nakashima K. Peripheral nerve hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy detected by ultrasonography. *Intern. Med.* 2009;48(7):581–582. DOI: 10.2169/internalmedicine.48.1924
15. Padua L., Martinoli C., Pazzaglia C. et al. Intra- and internerve cross-sectional area variability: new ultrasound measures. *Muscle Nerve.* 2012;45(5):730–733. DOI: 10.1002/mus.23252
16. Di Pasquale A., Morino S., Loreti S. et al. Peripheral nerve ultrasound changes in CIDP and correlations with nerve conduction velocity. *Neurology.* 2015;84(8):803–809. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001291
17. Décard B.F., Pham M., Grimm A. Ultrasound and MRI of nerves for monitoring disease activity and treatment effects in chronic dysimmune neuropathies – current concepts and future directions. *Clin. Neurophysiol.* 2018;129(1):155–167. DOI: 10.1016/j.clinph.2017.10.028
18. Taylor B.V., Dyck P.J., Engelstad J. et al. Multifocal motor neuropathy: pathologic alterations at the site of conduction block. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 2004;63(2):129–137. DOI: 10.1093/jnen/63.2.129
19. Grimm A., Vittore D., Schubert V. et al. Ultrasound pattern sum score, homogeneity score and regional nerve enlargement index for differentiation of demyelinating inflammatory and hereditary neuropathies. *Clin. Neurophysiol.* 2016;127(7):2618–2624. DOI: 10.1016/j.clinph.2016.04.009

20. Kerasnoudis A., Pitarokoili K., Behrendt V. et al. Bochum ultrasound score versus clinical and electrophysiological parameters in distinguishing acute-onset chronic from acute inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Muscle Nerve*. 2015;51(6):846–852. DOI: 10.1002/mus.24484

21. Grimm A., Vittore D., Schubert V. et al. Ultrasound aspects in therapy-naive CIDP compared to long-term treated CIDP. *J. Neurol*. 2016;263(6):1074–1082. DOI: 10.1007/s00415-016-8100-9

22. Grimm A., Décard B.F., Axer H., Fuhr P. The Ultrasound pattern sum score - UPSS. A new method to differentiate acute and subacute neuropathies using ultrasound of the peripheral nerves. *Clin. Neurophysiol*. 2015;126(11):2216–2225. DOI: 10.1016/j.clinph.2015.01.011

23. Grimm A., Rattay T.W., Winter N., Axer H. Peripheral nerve ultrasound scoring systems: benchmarking and comparative analysis. *J. Neurol*. 2017;264(2):243–253. DOI: 10.1007/s00415-016-8305-y

24. Herraets I.J.T., Goedee H.S., Telleman J.A. et al. Nerve ultrasound for diagnosing chronic inflammatory neuropathy: a multicenter validation study. *Neurology*. 2020;95(12):e1745–e1753. DOI: 10.1212/WNL.00000000000010369

25. Kerasnoudis A., Pitarokoili K., Behrendt V. et al. Nerve ultrasound score in distinguishing chronic from acute inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Clin. Neurophysiol*. 2014;125(3):635–641. DOI: 10.1016/j.clinph.2013.08.014

26. Дружинин Д.С., Наумова Е.С., Никитин С.С. Ультразвуковая визуализация периферических нервов при мультифокальной моторной нейропатии и хронической воспалительной демиелинизирующей полинеuropатии. *Нервно-мышечные болезни*. 2016;6(1):63–73. Druzhinin D.S., Naumova E.S., Nikitin S.S. Nerve sonography in multifocal motor neuropathy and chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Neuromuscular Diseases*. 2016;6(1):63–73. DOI: 10.17650/2222-8721-2016-6-1-63-73

Информация об авторах

Тумилович Таисия Александровна – врач-невролог Центра заболеваний периферической нервной системы Института клинической и профилактической неврологии Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-9538-9690>

Синькова Виктория Викторовна – врач-рентгенолог отдела лучевой диагностики Института клинической и профилактической неврологии Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-2285-2725>

Гришина Дарья Александровна – к.м.н., руководитель Центра заболеваний периферической нервной системы Института клинической и профилактической неврологии Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-7924-3405>

Супонева Наталья Александровна – д.м.н., член-корреспондент РАН, профессор, директор Института нейрореабилитации и восстановительной медицины Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

Морозова Софья Николаевна – к.м.н., н.с. отдела лучевой диагностики Института клинической и профилактической неврологии Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-9093-344X>

Кротенкова Марина Викторовна – д.м.н., г.н.с., руководитель отдела лучевой диагностики Института клинической и профилактической неврологии Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-3820-4554>

Мансурова Анна Викторовна – врач ультразвуковой диагностики лаборатории ультразвуковых методов исследования Института клинической и профилактической неврологии Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-4547-1263>

Чечёткин Андрей Олегович – д.м.н., руководитель лаб. ультразвуковых методов исследования Института клинической и профилактической неврологии Научного центра неврологии, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-8726-8928>

Вклад авторов: Тумилович Т.А., Синькова В.В. – сбор и анализ материалов, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи; Гришина Д.А., Супонева Н.А., Морозова С.Н., Кротенкова М.В., Мансурова А.В., Чечёткин А.О. – научное руководство исследованием, редактирование текста рукописи.

27. Kuwabara S., Nakajima M., Matsuda S., Hattori T. Magnetic resonance imaging at the demyelinating foci in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Neurology*. 1997;48(4):874–877. DOI: 10.1212/wnl.48.4.874

28. Schady W., Goulding P.J., Lecky B.R. et al. Massive nerve root enlargement in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 1996;61(6):636–640. DOI: 10.1136/jnnp.61.6.636

29. Midroni G., de Tilly L.N., Gray B., Vajsar J. MRI of the cauda equina in CIDP: clinical correlations. *J. Neurol. Sci*. 1999;170(1):36–44. DOI: 10.1016/s0022-510x(99)00195-1

30. 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):1218–1224. DOI: 10.1212/wnl.48.5.1218

31. Duggins A.J., McLeod J.G., Pollard J.D. et al. Spinal root and plexus hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Brain*. 1999;122(Pt 7):1383–1390. DOI: 10.1093/brain/122.7.1383

32. Mikityansky I., Zager E.L., Yousem D.M., Loevner L.A. MR Imaging of the brachial plexus. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am*. 2012;20(4):791–826. DOI: 10.1016/j.mric.2012.08.003

33. Jongbloed B.A., Bos J.W., Rutgers D. et al. Brachial plexus magnetic resonance imaging differentiates between inflammatory neuropathies and does not predict disease course. *Brain Behav*. 2017;7(5):e00632. DOI: 10.1002/brb3.632

34. Zaidman C.M., Pestronk A. Nerve size in chronic inflammatory demyelinating neuropathy varies with disease activity and therapy response over time: a retrospective ultrasound study. *Muscle Nerve*. 2014;50(5):733–738. DOI: 10.1002/mus.24227

35. 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

Information about the authors

Taisiya A. Tumilovich – neurologist, Center for Peripheral Nervous System Diseases, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-9538-9690>

Victoria V. Sinkova – radiologist, Neuroradiology department, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-2285-2725>

Daria A. Grishina – Cand. Sci. (Med.), Head, Center for Peripheral Nervous System Diseases, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-7924-3405>

Natalia A. Suponeva – D. Sci. (Med.), Corresponding Member of RAS, Director, Institute of Neurorehabilitation and Rehabilitation Medicine, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

Sofya N. Morozova – Cand. Sci. (Med.), researcher, Neuroradiology department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-9093-344X>

Marina V. Krotchenkova – D. Sci. (Med.), main researcher, Head, Neuroradiology department, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-3820-4554>

Anna V. Mansurova – ultrasound specialist, Ultrasound diagnostic laboratory, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-4547-1263>

Andrey O. Chechetkin – D. Sci. (Med.), Head, Ultrasound diagnostic laboratory, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-8726-8928>

Author contribution: Tumilovich T.A., Sinkova V.V. – collection and analysis of materials, writing the text of the manuscript, review of publications on the topic of the article; Grishina D.A., Suponeva N.A., Morozova S.N., Krotchenkova M.V., Mansurova A.V., Chechetkin A.O. – scientific management of the research, editing the text of the manuscript.