

УДК 616.833.58-007.17-018.1-073.43

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-1-12>



Дистрофические изменения седалищного нерва: сопоставление ультрасонографических и морфологических данных (пилотное исследование)

А. М. Юрковский¹, Е. И. Письменникова¹, С. Л. Ачинович²

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Гомельский областной клинический онкологический диспансер, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Изучить возможность применения ультрасонографии для идентификации незначительно выраженных (ранних), умеренно выраженных и значительно выраженных дистрофических изменений седалищного нерва.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели было проведено сопоставление данных ультрасонографических и гистологических исследований 15 пар седалищных нервов, взятых у 8 мужчин и 7 женщин в возрасте 58 (52; 68) лет, находившихся на лечении по поводу различных онкологических заболеваний и умерших в 2022 г. от основного заболевания.

Результаты. Выявлен параллелизм между ультрасонографическим паттерном при незначительно выраженных, умеренно выраженных и значительно выраженных дистрофических изменениях седалищного нерва, с одной стороны, и гистологическим и иммуногистохимическим паттернами — с другой.

Заключение. Ультрасонография (В-режим) позволяет идентифицировать незначительно выраженные, умеренно выраженные и значительно выраженные дистрофические изменения седалищного нерва.

Ключевые слова: ультрасонография, невропатия седалищного нерва

Вклад авторов. Юрковский А.М., Письменникова Е.И., Ачинович С.Л.: концепция и дизайн исследования, сбор материала, редактирование, обсуждение данных, обзор публикаций по теме статьи, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Финансовая поддержка отсутствует.

Для цитирования: Юрковский АМ, Письменникова ЕИ, Ачинович СЛ. Дистрофические изменения седалищного нерва: сопоставление ультрасонографических и морфологических данных (пилотное исследование). Проблемы здоровья и экологии. 2023;20(1):101–109. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-1-12>

Dystrophic changes in the sciatic nerve: a comparison of ultrasonographic and morphological data (pilot study)

Alexei M. Yurkovskiy¹, Evgeniya I. Pismennikova¹, Sergey L. Achinovich²

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Gomel Regional Clinical Oncological Dispensary, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To study the possibility of using ultrasonography to identify mild (early), moderately severe and significantly severe dystrophic changes in the sciatic nerve.

Materials and methods. To achieve this goal, we compared ultrasonographic and histological data from 15 pairs of sciatic nerves taken from 8 men and 7 women aged 58 (52; 68) years who had been treated for different oncological diseases and died in 2022 from the underlying disease.

Results. Parallelism was revealed between the ultrasonographic pattern in mild, moderately severe and significantly severe dystrophic changes of the sciatic nerve, on the one hand, and the histological and immunohistochemical patterns, on the other hand.

Conclusion: Ultrasonography (B-mode) allows identifying mild, moderately severe and significantly severe dystrophic changes of the sciatic nerve.

Keywords: *ultrasonography, sciatic nerve neuropathy*

Author contributions. Yurkovskiy A.M., Pismennikova E.I., Achinovich S.L. research concept and design, collecting material, editing, discussing data, reviewing publications on the topic of the article, checking critical content, approving the article for publication.

Conflict of interests. Authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Yurkovskiy AM, Pismennikova EI, Achinovich SL. Dystrophic changes in the sciatic nerve: a comparison of ultrasonographic and morphological data (pilot study). *Health and Ecology Issues*. 2023;20(1):101–109. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-1-12>

Введение

Периферическая нейропатия (ПНП) проявляется нарушением двигательной, сенсорной и (или) вегетативной функции одного или нескольких периферических нервов. Диагностика указанной патологии основывается на выявлении таких признаков ПНП, как изменения архитектуры, контуров, поперечного сечения и (или) анатомической непрерывности нерва (при ультрасонографии и (или) МРТ), изменения скорости распространения сдвиговой волны и (или) изменения цветового паттерна нерва (при ультразвуковой эластографии), изменения времени и скорости проведения, а также амплитуды и длительности потенциалов действия, вызванных стимуляцией нерва (при электромиографии) [1, 2].

Казалось бы, такое изобилие методов диагностики должно закрыть проблему раннего, т. е. в период между началом дегенерации нерва и появлением клинически выраженной дисфункции, выявления ПНП, однако пока этого не случилось. Это ожидаемо, поскольку диагностическая ценность приведенных выше признаков ПНП в значительной мере зависит от месторасположения и поперечного сечения пораженного нерва. До настоящего времени нет данных о том, существуют ли вообще какие-либо изменения на диагностических изображениях, которые можно было бы с уверенностью расценить как изменения, предшествующие или хотя бы совпадающие по времени с появлением изменений нервной проводимости [1]. Кроме того, отсутствуют и критерии, позволяющие разграничить дистрофические изменения нерва на незначительно выраженные, умеренно выраженные и значительно выраженные.

В этой связи существует необходимость в проведении данного исследования, поскольку есть основания полагать, что сопоставление данных морфологических (гистологических, иммуногистохимических) и ультрасонографических исследований позволит понять, какие изменения ультразвукового паттерна могут быть расценены как ранние признаки ПНП, а кроме того, разработать критерии, позволяющие разграничить дистрофические изменения по их выраженности.

Цель исследования

Изучить возможность применения ультрасонографии для идентификации незначительно выраженных (ранних), умеренно выраженных и значительно выраженных дистрофических изменений седалищного нерва.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели было проведено сопоставление *in vitro* данных ультрасонографических и морфологических исследований 15 пар седалищных нервов, взятых у 8 мужчин и 7 женщин в возрасте 58 (52; 68) лет, находившихся на лечении в У «Гомельский областной клинический онкологический диспансер» по поводу различных онкологических заболеваний и умерших в 2022 г. от основного заболевания (субъекты с полифокальными дистрофическими изменениями в исследование не включались). Во всех случаях седалищные нервы не были непосредственно поражены опухолевым процессом.

Забор биологического материала для исследования проводился в соответствии с действующими нормативными документами и в ранние сроки (через 2 часа) после констатации биологической смерти (забор материала проводился через одинаковые промежутки времени после наступления биологической смерти, исходя из предположения, что темпы нарастания ранних посмертных изменений у исследуемых субъектов будут примерно одинаковыми). Участки седалищных нервов фиксировали в 10 % нейтральном забуференном формалине, проводили через батарею спиртов возрастающей крепости, о-ксилол и парафин для гистологической заливки. Выполнялись гистологические срезы толщиной 4 мкм. Полученные гистологические препараты окрашивали гематоксилином и эозином, а также по Ван Гизону. Окрашенные препараты фотографировали в 5 полях зрения — объектив ×10 и в 5 полях зрения — объектив ×40 при помощи цифровой камеры Olympus SC20 с разрешением 1596 × 1196 пикселей. Использовался микроскоп Olympus CX41 RF. Площадь поля зрения при ис-

следовании изображения составила $190816 \mu\text{m}^2$ (объектив $\times 10$) и $119301 \mu\text{m}^2$ (объектив $\times 40$).

Для иммуногистохимического исследования использовалась система визуализации Novolink Max Polymer Detection System (Bond Leica Biosystems (UK)). В качестве хромогена применялся диаминобензидин. Использовались первичные моноклональные антитела к CD31 (маркер эндотелия сосудов, гликопротеин из класса молекул клеточной адгезии), клон 1A10 (Bond Leica Biosystems (UK)), клон V9 (Biocare Medical (USA)); Collagen IV (основной компонент, обеспечивающий стабильность базальной мембраны), клон Col94 (Biocare Medical (USA)); D2-40 (маркер эндотелия лимфатических сосудов), клон D2-40 (Biocare Medical (USA)); S100 (протеин из группы тканеспецифических кальций-связывающих белков, которые экспрессируются преимущественно в клетках нервной системы), клон 4C4.9 (Histo-Line Laboratories (Italy)). Положительный результат иммуногистохимической реакции проявлялся прокрашиванием исследуемых структур в коричневый цвет различной интенсивности (различных оттенков).

Подсчет экспрессии выполнялся полуколичественным методом. Количественная оценка уровня экспрессии проводилась с использованием морфометрической программы Aperio Image Score (алгоритма «positive pixel count») путем анализа цифрового изображения, полученного при помощи микроскопа и фотокамеры (увеличение: объектив $\times 40$), минимальное количество полей зрения — 5. Для количественной оценки определялся индекс интенсивности в иммунопозитивных участках (Iwavg) [3].

Для оценки ангиогенеза определяли показатель микрососудистой плотности (МСП) как отношение суммарной площади сосудов к общей площади поля зрения исследуемого под микроскопом объекта. Для определения площади сосудов микроциркуляторного русла использовали иммуногистохимическое определение экспрессии в срезах тканей маркера эндотелия сосудов CD31 [4].

Ультразвуковое сканирование проводилось в В-режиме в двух плоскостях (поперечной и продольной) независимо друг от друга двумя специалистами по заранее согласованной схеме. Для сканирования использовался ультразвуковой сканер экспертного класса LOGIQ P9 (использовался датчик с частотным диапазоном до 15 МГц). При сканировании оценивалось наличие или отсутствие нарушений внутренней архитектуры и эхогенности нерва в продольном и поперечном сечении.

Статистический анализ проводился с применением пакета прикладных программ «Statistica», 10.0 (StatSoft, Inc., США, лицензия №AXXR012E839529FA).

В случае распределения количественных показателей, отличного от нормального, данные представлялись в виде медианы 25-го и 75-го перцентилей: Me [25; 75], при нормальном распределении признака — в виде среднего арифметического и стандартного отклонения среднего арифметического ($M \pm SD$). Для оценки статистической значимости различий сравниваемых показателей использовался t-критерий Стьюдента и U-тест Манна – Уитни. Воспроизводимость результатов оценивалась посредством каппы Коэна.

Результаты

Ультрасонографический паттерн при изменениях, расцененных как незначительно выраженные (подгруппа 1)

На продольных сканах заметных структурных изменений не отмечалось в 3 из 5 случаев, в 2 случаях отмечалась «смазанность» границ между пучками нервных волокон и прослойкой фиброзно-жировой соединительной ткани между ними (т. е. периневрием). На поперечных сканах картина была более однозначной: во всех случаях отмечались немногочисленные гипоэхогенные пучки нервных волокон (на площади менее 1/3 поперечного сечения нерва), незначительно отличавшиеся по эхогенности от периневрия (рисунок 1).

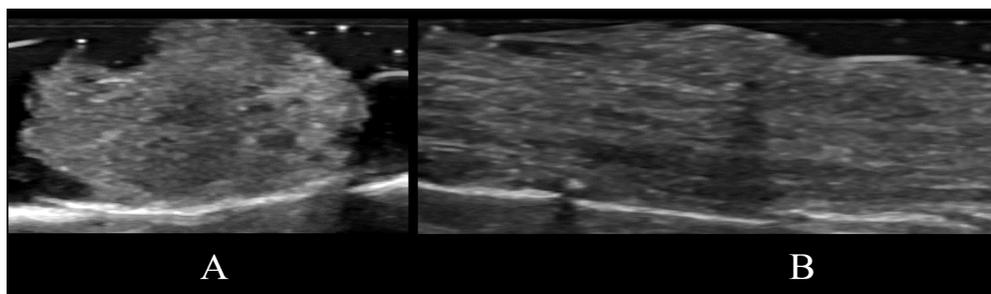


Рисунок 1. Ультрасонограмма седалищного нерва с незначительно выраженными (grad-1) дистрофическими изменениями: А — поперечное сечение; В — продольное сечение
Figure 1. Ultrasonogram of the sciatic nerve with mild (grad-1) dystrophic changes (A — transverse section, B — longitudinal section)

Указанному ультрасонографическому паттерну соответствовали данные гистологических и иммуногистохимических исследований, представленные на рисунке 2.

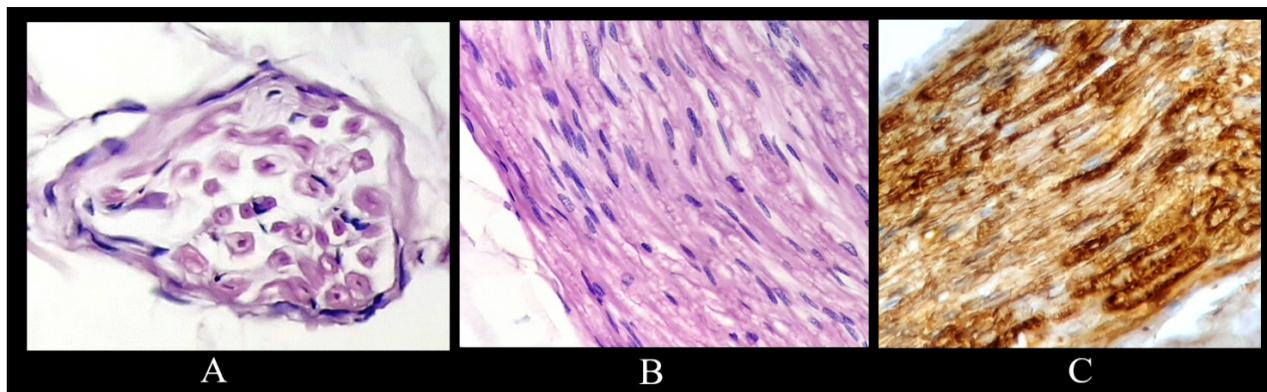


Рисунок 2. Микрофотографии седалищного нерва (незначительно выраженные дистрофические изменения, незначительно выраженный отек): А — поперечный срез нерва;

В — продольный срез нерва (окраска: гематоксилин и эозин, увеличение: объектив $\times 40$, окуляр $\times 10$); С — продольный срез седалищного нерва, иммуногистохимическая реакция с антителами к S100: определяется окраска нервных волокон (хромоген-диаминобензидин, контрокрашивание: гематоксилин Майера, увеличение: объектив $\times 40$, окуляр $\times 10$)

Figure 2. Micrographs of the sciatic nerve (weakly expressed dystrophic changes, slightly expressed edema): A — transverse section of the nerve; B — longitudinal section of the nerve. Hematoxylin and eosin staining (magnification: $\times 40$ objective, $\times 10$ eyepiece);

C — longitudinal section of the sciatic nerve, immunohistochemical reaction with antibodies to S100: the color of the nerve fibers is determined (chromogen-diaminobenzidine, back-staining: Mayer's hematoxylin, magnification: objective 40 \times , eyepiece 10 \times)

Ультрасонографический паттерн при изменениях, расцененных как умеренно выраженные (подгруппа 2)

На продольных сканах во всех случаях отмечалось повышение эхогенности прослойки фиброзно-жировой соединительной ткани между

пучками нервных волокон (причем как на продольных сканах, так и на поперечных) и увеличение количества (на площади от 1/3 до 2/3 поперечного сечения нерва) визуализируемых пучков нервных волокон (рисунок 3).

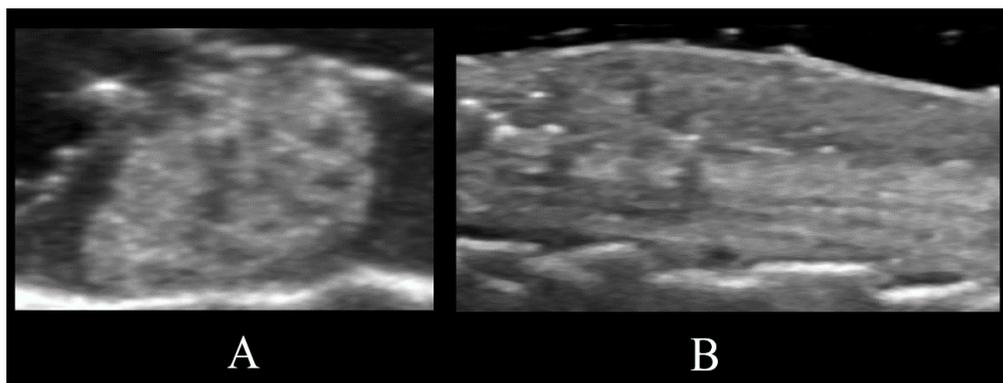


Рисунок 3. Ультрасонограмма седалищного нерва (grad-2) с дистрофическими изменениями: А — поперечное сечение; В — продольное сечение

Figure 3. Ultrasonogram of the sciatic nerve with moderately pronounced dystrophic changes (grad-2): A — transverse section, B — longitudinal section

Указанному ультрасонографическому паттерну соответствовали приведенные ниже данные гистологических и иммуногистохимических исследований (рисунок 4).

Ультрасонографический паттерн при изменениях, расцененных как значительно выраженные (подгруппа 3)

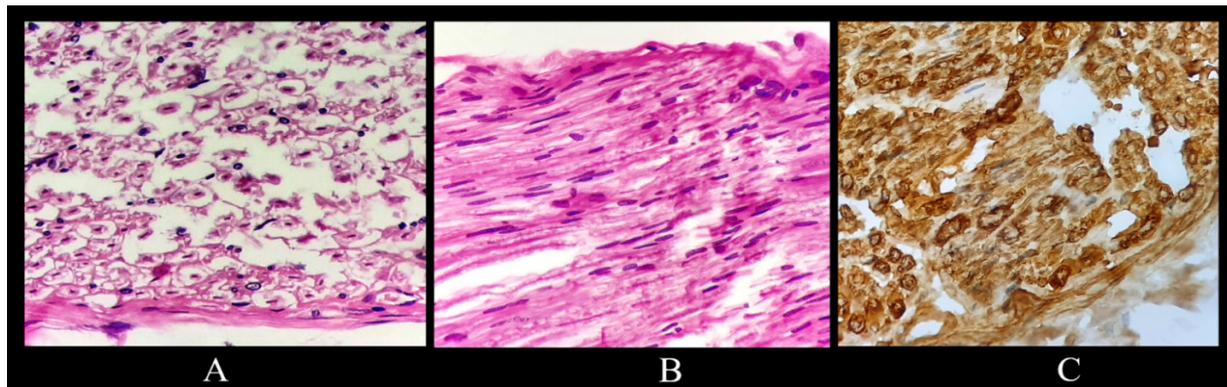


Рисунок 4. Микрофотографии седалищного нерва (умеренно выраженные дистрофические изменения и умеренно выраженный отек): А — поперечный срез нерва; В — продольный срез нервам (окраска гематоксилин и эозин, увеличение: объектив $\times 40$, окуляр $\times 10$); С — продольный срез седалищного нерва, иммуногистохимическая реакция с антителами к S100: определяется окраска нервных волокон (хромоген–диаминобензидин, контрокрашивание: гематоксилин Майера, увеличение: объектив $\times 40$, окуляр $\times 10$)

Figure 4. Microphotographs of the sciatic nerve (moderately expressed dystrophic changes, moderately expressed edema): A — transverse section of the nerve; B — longitudinal section of the nerve (hematoxylin and eosin staining, magnification: $\times 40$ objective, $\times 10$ eyepiece); C — longitudinal section of the sciatic nerve, immunohistochemical reaction with antibodies to S100: the color of the nerve fibers is determined (chromogen: diaminobenzidine, back-staining – Mayer's hematoxylin, magnification: objective $40\times$, eyepiece $10\times$)

На продольных сканах во всех случаях отмечались высокая экзогенность прослойки фиброзно-жировой соединительной ткани между пучками нервных волокон и увеличение количе-

ства (на площади более 2/3 поперечного сечения нерва) визуализируемых пучков нервных волокон (рисунок 5).

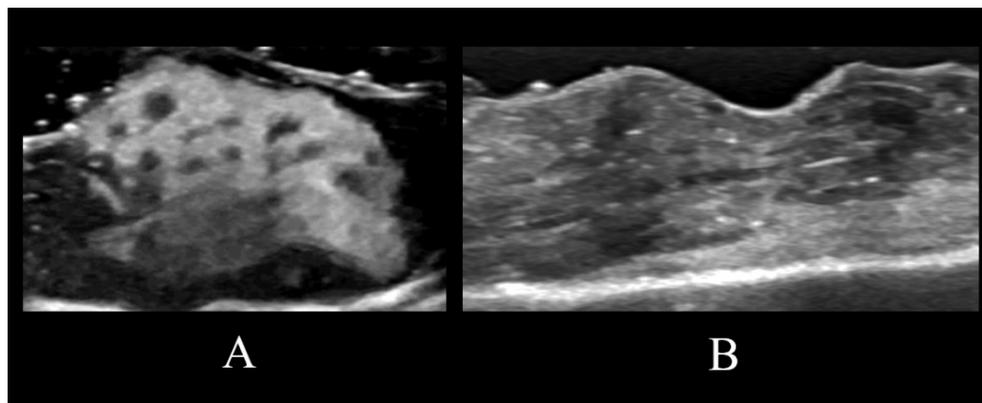


Рисунок 5. Ультрасонограмма седалищного нерва со значительно выраженными (grad-3) дистрофическими изменениями:

А — поперечное сечение; В — продольное сечение

Figure 5. Ultrasonogram of the sciatic nerve with marked dystrophic changes:

A — cross section, B — longitudinal section

Указанному ультрасонографическому паттерну соответствовали приведенные ниже дан-

ные гистологических и иммуногистохимических исследований (рисунок 6).

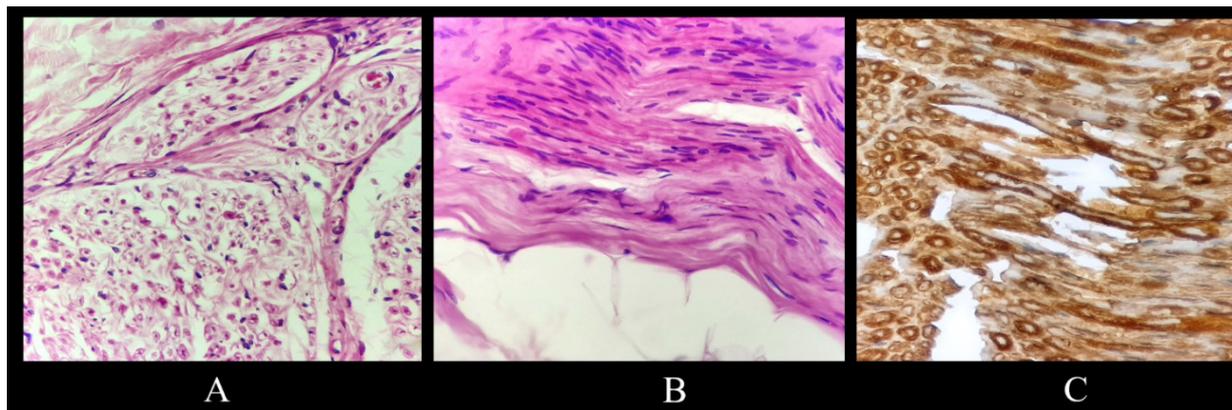


Рисунок 6. Микрофотографии седалищного нерва:

А — поперечный срез нерва: перинеурий с фиброзными изменениями, прослойки соединительной ткани, составляющие эндонеурий, утолщены; В — продольный срез нерва с выраженными дистрофическими изменениями: прослойки соединительной ткани, составляющие эндонеурий, с выраженными фиброзными изменениями (тонкая стрелка), и определяется избыточное разрастание (толстая стрелка) жировой ткани (окраска гематоксилином и эозином, увеличение: объектив $\times 40$, окуляр $\times 10$); С — продольный срез седалищного нерва, иммуногистохимическая реакция с антителами к S100: определяется окраска нервных волокон (хромоген–диаминобензидин, контрокрашивание: гематоксилин Майера, увеличение: объектив $\times 40$, окуляр $\times 10$)

Figure 6. Micrographs of the sciatic nerve:

A — transverse section of the nerve: perineurium with fibrous changes, the connective tissue layers composing the endoneurium are thickened; B — longitudinal section of the nerve with expressed dystrophic changes: interlayers of connective tissue composing the endoneurium with expressed fibrous changes (thin arrow) and excessive overgrowth (thick arrow) of fatty tissue (hematoxylin and eosin staining, magnification: $\times 40$ objective, $\times 10$ eyepiece); C — longitudinal section of the sciatic nerve, immunohistochemical reaction with antibodies to S100: the color of the nerve fibers is determined (chromogen – diaminobenzidine, back-staining – Mayer's hematoxylin (magnification: objective 40 \times , eyepiece 10 \times))

Для получения представления о значимости различий уровня экспрессии моноклональных мышечных антител к Collagen IV, S100, СД31 и D2-40 при незначительно выраженных (grade-1), умеренно выраженных (grade-2) и значительно выраженных (grade-3) дистрофических изменениях седалищного нерва нами была проведена их сравнительная оценка (таблица 1).

Таблица 1. Результаты оценки иммуногистохимического паттерна (Collagen IV, S100, СД31 и D2-40) при незначительно выраженных, умеренно выраженных и значительно выраженных дистрофических изменениях седалищного нерва (grade-1, grade-2, grade-3)

Table 1. Results of immunohistochemical pattern assessment (Collagen IV, S100, SD31 and D2-40) in mild dystrophic changes, moderately severe dystrophic changes and significantly severe dystrophic changes of the sciatic nerve (grade-1, grade-2, grade-3)

Показатель	Выраженность дистрофических изменений			p
	grade-1 (1)	grade-2 (2)	grade-3 (3)	
Collagen IV	157,3 [155,7; 157,8]	158,5 [157,8; 159,5]	161,4 [160,8; 162,4]	$p_{1,2} = 0,49$ $p_{1,3} = 0,002$ $p_{2,3} = 0,003$
S100 (продольное сечение)	147,3 [146,2; 147,7]	150,2 [148,2; 150,3]	152,9 [151,3; 156,9]	$p_{1,2} = 0,035$ $p_{1,3} = 0,05$ $p_{2,3} = 0,003$
S100 (поперечное сечение)	147,6 [146,7; 147,9]	149,3 [149,2; 151,1]	156,9 [156,8; 158,9]	$p_{1,2} = 0,01$ $p_{1,3} = 0,0002$ $p_{2,3} = 0,009$
СД31	0,6 [0,5; 1,1]	1,2 [0,9; 1,3]	1,5 [1,4; 1,5]	$p_{1,2} = 0,1$ $p_{1,3} = 0,01$ $p_{2,3} = 0,006$
D2-40	3,1 [3,0; 3,4]	3,6 [3,4; 3,7]	4,2 [4,1; 4,6]	$p_{1,2} = 0,02$ $p_{1,3} = 0,0008$ $p_{2,3} = 0,001$

Как видно из данных таблицы 1, нарастание степени выраженности дистрофических изменений в седалищном нерве сопровождалось статистически значимым ростом иммуногистохимических параметров.

При оценке воспроизводимости результатов ультрасонографического исследования при сканировании в продольном и поперечном сечении были получены следующие результаты: каппа Козна при оценке структуры нерва в продольном сечении составила 0,42, т. е. согласованность оказалась умеренной, при оценке структуры нерва в поперечном сечении — 0,68, т. е. согласованность оказалась достаточно высокой.

Обсуждение

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, имеется параллелизм между ультрасонографическим, гистологическим и иммуногистохимическим паттернами при незначительно выраженных (grade-1), умеренно выраженных (grade-2) и значительно выраженных (grade-3) дистрофических изменениях седалищного нерва. Подобный феномен ранее уже был отмечен в эксперименте на биологических моделях [3]. Примечательно, что в данном исследовании разница между показателями, отражающими уровень экспрессии моноклональных мышинных антител к Collagen IV, S100, СД31 и D2-40, по ряду позиций оказалась статистически значимой как между grade-1 и grade-2, так и между grade-2 и grade-3, что согласуется с визуальной оценкой ультрасонограмм, на которых дистрофические изменения на разных этапах патологического процесса также имеют достаточно четко очерченные различия: при незначительно выраженных изменениях пучки нервных волокон едва дифференцируются на поперечных сканах (рисунок 1), при умеренно выраженных (рисунок 2) эта разница становится более заметна, а при выраженных изменениях (рисунок 3) она становится резко выраженной за счет нарастания отека фиброзно-жировой соединительной ткани, окружающей пучки нервных волокон.

Подобная картина нарастающего интраневрального отека была отмечена и на МРТ-изображениях: так, в острую фазу (до 4 недель) отмечается однородно высокий сигнал на T2-взвешенных изображениях и ρd с подавлением жира; в подострую фазу (от 4 до 12 недель) — однородно высокий сигнал на T2-взвешенных изображениях и ρd с подавлением жира, а также усиление сигнала на T1-взвешенных изображениях; в хроническую фазу (более 12 недель) — усиление сигнала на T1-взвешенных изображениях [5, 6].

Вышеописанная динамика ультрасонографического паттерна при дистрофическом пора-

жении седалищного нерва согласуется с данными иммуногистохимических исследований, а именно с увеличением экспрессии S100 (наблюдается при нейродегенеративных заболеваниях) [7, 8, 9], а также СД31, D2-40 и коллагена IV типа (увеличение экспрессии последних наблюдается при воспалительных изменениях [4]).

Таким образом, результаты, полученные при сопоставлении морфологических данных и данных ультразвуковых исследований, дают основания полагать, что изменения, соответствующие grade-1, grade-2 и grade-3, а также присущие им различия могут быть выявлены и при прижизненном ультразвуковом исследовании седалищного нерва.

Ограничения. Ограничением данного исследования было небольшое количество наблюдений, а также то, что авторы, работая только с морфологическим материалом, не располагали достоверными данными относительно неврологического статуса исследованных субъектов (в частности, авторы не располагали задокументированными при жизни результатами клинической и инструментальной оценки состояния седалищного нерва), поэтому не представляется возможным проследить взаимосвязь выявленных в данном исследовании морфологических и ультразвуковых изменений, с одной стороны, и клинических проявлений — с другой. Но так как целью данного исследования было только изучение возможности применения ультрасонографии для идентификации незначительно выраженных (ранних), умеренно выраженных и значительно выраженных дистрофических изменений седалищного нерва, то вышеуказанное обстоятельство вряд ли могло повлиять на результаты исследования и, соответственно, выводы.

Выводы

1. Ультрасонография позволяет разграничивать незначительно выраженные, умеренно выраженные и выраженные дистрофические изменения седалищного нерва.
2. Незначительно выраженным изменениям может соответствовать следующий ультрасонографический паттерн: немногочисленные гипохогенные пучки нервных волокон (на площади менее 1/3 поперечного сечения нерва), мало отличающиеся по эхогенности от периневрия.
3. Умеренно выраженным дистрофическим изменениям может соответствовать следующий ультрасонографический паттерн: повышение эхогенности прослойки фиброзно-жировой соединительной ткани между пучками нервных волокон и увеличение количества (на площади от 1/3 до 2/3 поперечного сечения нерва) визуализируемых гипохогенных пучков нервных волокон.

4. Значительно выраженным дистрофическим изменениям может соответствовать следующий ультрасонографический паттерн: высокая эхогенность прослойки фиброзно-жировой соединительной ткани между пучками нервных волокон и увеличение количества (на площади более 2/3 поперечного сечения нерва) визуализируемых гипоехогенных пучков нервных волокон.

5. Оптимальной позицией для разграничения незначительно выраженных, умеренно выраженных и значительно выраженных дистрофических изменений седалищного нерва является поперечное сечение.

Полученные результаты позволяют рекомендовать указанные критерии для апробации в клинической практике.

Список литературы

1. Zakrzewski J, Zakrzewska K, Pluta K, Nowak O, Miłoszewska-Paluch A. Ultrasound elastography in the evaluation of peripheral neuropathies: a systematic review of the literature. *Pol J Radiol.* 2019;84:e581-e591. DOI: <https://doi.org/10.5114/pjr.2019.91439>
2. Юрковский АМ, Назаренко ИВ, Мельникова АС, Письменникова ЕИ. Нейропатия верхних ягодичных нервов: нерешенные вопросы лучевой диагностики (обзор литературы). *Проблемы здоровья и экологии.* 2021;18(2):12-17. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-2-2>
3. Юрковский АМ, Назаренко ИВ, Бортновский ВН, Письменникова ЕИ, Ачинович СЛ, Веялкина НН. Радиационно-обусловленное поражение периферических нервов у белых крыс: сонографические и гистологические сопоставления. *Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук.* 2022;26(1):90-96. DOI: <https://doi.org/10.26163/RAEN.2022.54.52.014>
4. Matsubara T, Ziff M. Basement membrane thickening of postcapillary venules and capillaries in rheumatoid synovium. *Arthritis Rheum.* 1987;30(1):18-30. DOI: <https://doi.org/10.1002/art.1780300103>

5. Neufeld EA, Shen PY, Nidecker AE, Runner G, Bateni C, et al. MR imaging of the lumbosacral plexus: a review of techniques and pathologies. *J Neuroimaging.* 2015;25:691-703. DOI: <https://doi.org/10.1111/jon.12253>
6. Kim SG, Jung JY. Role of MR neurography for evaluation of the lumbosacral plexus: a scoping review. *J Korean Soc Radiol.* 2022 Nov;83(6):1273-1285. DOI: <https://doi.org/10.3348/jksr.2022.0001>
7. Esposito G, De Filippis D, Cirillo C, Sarnelli G, Cuomo R, Iuvone T. The astroglial-derived S100beta protein stimulates the expression of nitric oxide synthase in rodent macrophages through p38 MAP kinase activation. *Life Sci.* 2006;78(23):2707-2715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.10.023>
8. de Souza DF, Wartchow K, Hansen F, Lunardi P, Guerra MC, Nardin P, Goncalves CF. Interleukin-6-induced S100B secretion is inhibited by haloperidol and risperidone. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2013;43:14-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2012.12.001>
9. Hu J, Van Eldik LJ. Glial-derived proteins activate cultured astrocytes and enhance beta amyloid-induced glial activation. *Brain Res.* 1999;842(1):46-54. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(99\)01804-1](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(99)01804-1)

References

1. Zakrzewski J, Zakrzewska K, Pluta K, Nowak O, Miłoszewska-Paluch A. Ultrasound elastography in the evaluation of peripheral neuropathies: a systematic review of the literature. *Pol J Radiol.* 2019;84:e581-e591. DOI: <https://doi.org/10.5114/pjr.2019.91439>
2. Yurkovskiy AM, Melnikova AS, Nazarenko IV. Neuropathy of the superior gluteal nerves: unresolved issues of medical imaging (literature review) *Problems of Health and Ecology.* 2021;18(2):12-17. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-2-2>
3. Yurkovskiy AM, Nazarenko IV, Pismennikova EI, Achinovich SL, Veyalkina NN. Radiation-induced peripheral nerve damage in white rats: sonographic and histological comparisons. *Herald of education and science development of Russian Academy of Natural Sciences Herald of Russian Academy of Natural Sciences* 2022;26(1):90-96. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.26163/RAEN.2022.54.52.014>
4. Matsubara T, Ziff M. Basement membrane thickening of postcapillary venules and capillaries in rheumatoid synovium. *Arthritis Rheum.* 1987;30(1):18-30. DOI: <https://doi.org/10.1002/art.1780300103>

5. Neufeld EA, Shen PY, Nidecker AE, Runner G, Bateni C, et al. MR imaging of the lumbosacral plexus: a review of techniques and pathologies. *J Neuroimaging.* 2015;25:691-703. DOI: <https://doi.org/10.1111/jon.12253>
6. Kim SG, Jung JY. Role of MR neurography for evaluation of the lumbosacral plexus: a scoping review. *J Korean Soc Radiol.* 2022 Nov;83(6):1273-1285. DOI: <https://doi.org/10.3348/jksr.2022.0001>
7. Esposito G, De Filippis D, Cirillo C, Sarnelli G, Cuomo R, Iuvone T. The astroglial-derived S100beta protein stimulates the expression of nitric oxide synthase in rodent macrophages through p38 MAP kinase activation. *Life Sci.* 2006;78(23):2707-2715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.10.023>
8. de Souza DF, Wartchow K, Hansen F, Lunardi P, Guerra MC, Nardin P, Goncalves CF. Interleukin-6-induced S100B secretion is inhibited by haloperidol and risperidone. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2013;43:14-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2012.12.001>
9. Hu J, Van Eldik LJ. Glial-derived proteins activate cultured astrocytes and enhance beta amyloid-induced glial activation. *Brain Res.* 1999;842(1):46-54. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(99\)01804-1](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(99)01804-1)

Информация об авторах / Information about authors

Юрковский Алексей Михайлович, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой лучевой диагностики, лучевой терапии с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0808-183X>
e-mail: yurkovsky@mail.ru

Alexei M. Yurkovskiy, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Radiation Diagnostics, Radiation Therapy with the course of the Faculty of Professional Development and Retraining, Gomel State Medical University
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0808-183X>
e-mail: yurkovsky@mail.ru

Письменникова Евгения Игоревна, ассистент кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии с курсом ФПКИП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7496-545X>

e-mail: pismennikova.gsmu@gmail.com

Ачинович Сергей Леонидович, к.м.н., заведующий патологоанатомическим отделением, У «Гомельский областной клинический онкологический диспансер», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0977-5481>

e-mail: ser.achinowitch2017@yandex.ru

Evgeniya I. Pismennikova, Assistant Lecturer of Department of Radiology with the Course of the Faculty of Professional Development and Retraining, Gomel State Medical University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7496-545X>

e-mail: pismennikova.gsmu@gmail.com

Sergey L. Achinovich, Candidate of Medical Sciences, Head of Pathoanatomical Department of Gomel Regional Clinical Oncological Dispensary

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0977-5481>

e-mail: ser.achinowitch2017@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding autor

Юрковский Алексей Михайлович

e-mail: yurkovsky@mail.ru

Alexei M. Yurkovskiy

e-mail: yurkovsky@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 04.01.2023

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2023

Принята к публикации / Revised 24.02.2023