

УДК 616.379-008.64-06+616.833-031.82-073.48+616.833.585/.587
<https://doi.org/10.56871/MTP.2026.72.52.002>

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРВОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ДИАГНОСТИКЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ ДИСТАЛЬНОЙ ПОЛИНЕВРОПАТИИ

Валерия Андреевна Смирнова¹, Виталий Леонидович Баранов¹,
Наталья Владимировна Ворохобина¹, Полина Борисовна Шорохова²

¹ Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41, Российская Федерация

² Центральная медико-санитарная часть № 38 Федерального медико-биологического агентства России, 188540, Ленинградская обл., г. Сосновый Бор, ул. Космонавтов, д. 3, Российская Федерация

Для цитирования: Смирнова В.А., Баранов В.Л., Ворохобина Н.В., Шорохова П.Б. Ультразвуковое исследование нервов нижних конечностей в диагностике диабетической дистальной полиневропатии. *Медицина: теория и практика*. 2026;11(1):20–31. <https://doi.org/10.56871/MTP.2026.72.52.002>.

Поступила: 26.01.2026

Одобрена: 02.03.2026

Принята к печати: 11.05.2026

РЕЗЮМЕ. Введение. Ранняя диагностика диабетической дистальной полиневропатии остается одной из наиболее трудных задач в клинической практике. Традиционные методы первичного скрининга обладают ограниченной чувствительностью и специфичностью, что снижает их диагностическую точность. В связи с этим в последние годы предложен ряд высокотехнологичных методов, основанных на применении сложного и дорогостоящего оборудования. Однако их широкое использование ограничено. В качестве более доступной и информативной альтернативы активно изучается возможность применения ультразвукового исследования периферических нервов для раннего выявления и оценки выраженности диабетической дистальной полиневропатии. **Цель** — оценить диагностическую значимость ультразвукового исследования периферических нервов нижних конечностей для ранней диагностики диабетической дистальной полиневропатии. **Материалы и методы.** В исследование были включены 50 больных (16 мужчин) с сахарным диабетом 2-го типа со стажем заболевания менее 1 года. По результатам неврологического обследования 25 пациентов с клиническими симптомами и признаками невропатии были включены в группу диабетической дистальной полиневропатии, остальные пациенты составили группу без нее. В контрольную группу вошли 15 практически здоровых добровольцев, сопоставимых по полу и возрасту. Ультразвуковое исследование периферических нервов нижних конечностей всем участникам было выполнено на аппаратах экспертного класса высокочастотными линейными датчиками с использованием В-режима по стандартному протоколу. **Результаты.** У пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и диабетической дистальной полиневропатией статистически значимо чаще выявлялось снижение эхогенности и утрата фасцикулярного строения большого и общего малоберцового нервов. Площадь поперечного сечения периферических нервов нижних конечностей была значимо больше в группе пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и диабетической дистальной полиневропатией по сравнению с группой без данного заболевания и группой контроля. **Выводы.** Данное исследование подтвердило, что ультразвуковое исследование нервов нижних конечностей имеет определенные преимущества для раннего выявления диабетической периферической невропатии у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сахарный диабет 2-го типа, диабетическая дистальная полиневропатия, ультразвуковое исследование периферических нервов, площадь поперечного сечения, большеберцовый нерв, общий малоберцовый нерв

✉ Валерия Андреевна Смирнова. E-mail: valeriagrishaeva1313@gmail.com

© Коллектив авторов, 2026

UDC 616.379-008.64-06+616.833-031.82-073.48+616.833.585/.587
<https://doi.org/10.56871/MTP.2026.72.52.002>

ULTRASONOGRAPHY OF LOWER LIMBS NERVES IN THE DIAGNOSIS OF DIABETIC PERIPHERAL NEUROPATHY

Valeriia A. Smirnova¹, Vitalii L. Baranov¹, Natalia V. Vorokhobina¹, Polina B. Shorokhova²

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya str., Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

² Central Medical and Sanitary Unit No. 38, Federal Medical-Biological Agency, 3 Kosmonavtov str., Sosnovy Bor, Leningrad Region, 188540, Russian Federation

For citation: Smirnova V.A., Baranov V.L., Vorokhobina N.V., Shorokhova P.B. Ultrasonography of lower limbs nerves in the diagnosis of diabetic peripheral neuropathy. *Medicine: Theory and Practice*. 2026;11(1):20–31. (In Russ.).
<https://doi.org/10.56871/MTP.2026.72.52.002>.

Received: 26.01.2026

Revised: 02.03.2026

Accepted: 11.05.2026

ABSTRACT. Introduction. The early diagnosis of diabetic peripheral neuropathy remains one of the most challenging tasks in clinical practice. Traditional screening tools have limited sensitivity and specificity, which reduces their diagnostic accuracy. In recent years, several high-technology diagnostic methods based on complex and costly equipment have been proposed. However, their broad clinical application remains restricted. Ultrasonographic assessment of peripheral nerves is being actively investigated for the early detection and evaluation of diabetic peripheral neuropathy severity as more accessible and informative alternative. **Aim** — to assess the diagnostic value of lower limbs peripheral nerve ultrasonography for the early detection of diabetic peripheral neuropathy. **Materials and methods.** This study included 50 newly diagnosed patients (16 males) with type 2 diabetes mellitus. According to the neurological examination results 25 patients were included in diabetic peripheral neuropathy group, the remaining patients were assigned to the non-diabetic peripheral neuropathy group. A total of 15 healthy non-diabetic individuals, comparable by gender and age, were recruited as the control group. All participants underwent ultrasound examination of lower limb peripheral nerves on expert-class equipment with a high-frequency ultrasound transducer using B-mode according to the standard protocol. **Results.** The incidence of decreased echogenicity with the loss of fascicular definition of the tibial and common peroneal nerves was significantly higher in type 2 diabetes mellitus group with diabetic peripheral neuropathy. The latter comparison showed that diabetic peripheral neuropathy group had significantly larger lower limb peripheral nerves cross-sectional area than both non-diabetic peripheral neuropathy group and healthy group. **Conclusions.** This study confirmed that the ultrasonography of lower limbs nerves has certain advantages for the early detection of diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes mellitus patients.

KEYWORDS: type 2 diabetes mellitus, diabetic peripheral neuropathy, peripheral nerve ultrasonography, cross-sectional area, tibial nerve, common peroneal nerve

✉ Valeriia A. Smirnova. E-mail: valeriagrishaeva1313@gmail.com

© 2026 by the authors

ВВЕДЕНИЕ

Сахарный диабет 2-го типа (СД2) представляет собой гетерогенную группу метаболических нарушений, ключевым признаком которых является устойчивое повышение гликемии вследствие недостаточности секреции инсулина, нарушения его действия либо сочетания этих факторов [1]. По современным данным, сохраняется отчетливая тенденция к ежегодному росту распространенности СД2, при этом около половины общего числа случаев заболевания приходится на трудоспособное население [2]. В Российской Федерации основным источником эпидемиологических сведений является Федеральный регистр сахарного диабета: по состоянию на 2023 г. под диспансерным наблюдением находятся около 4,5 млн пациентов с СД2 [3]. На фоне глобального роста заболеваемости СД2 особую клинико-социальную значимость приобретают хронические осложнения, в первую очередь диабетическая полиневропатия [1].

Диабетическая дистальная полиневропатия (ДДПН) — наиболее частая форма невропатии, которая представляет собой диффузное поражение периферических нервов, преимущественно нижних конечностей, возникающее вследствие хронической гипергликемии и связанных с ней метаболических и сосудистых нарушений. Клинические проявления, в частности потеря чувствительности, хроническая боль, связаны с повышенным риском смертности и снижением качества жизни. Ранняя диагностика диабетической полиневропатии критически важна для предотвращения необратимых изменений нервной ткани, развития трофических явлений и ампутаций. Реальная распространенность ДДПН недооценивается из-за частого субклинического течения и ограниченный широкого скрининга [4–6].

Базовый диагностический алгоритм включает сбор жалоб, неврологический осмотр с оценкой тактильной, температурной, болевой и вибрационной чувствительности, использование валидированных опросников (NDS, NSS, NTSS), лабораторные и инструментальные исследования [1, 7, 8]. В современной практике «золотым стандартом» остается электронейромиография (ЭНМГ), позволяющая количественно оценивать проводимость по двигательным и чувствительным волокнам, М-ответ и резидуальную латентность — показатель, отражающий состояние тонких безмиелиновых терминальных волокон и потенциально чувствительный к ранним изменениям [9, 10]. Однако такой

метод исследования не дает информацию о структурных изменениях самого нервного ствола и окружающих его тканей, что предполагает необходимость использования методов лучевой визуализации [11–13]. Традиционные визуализирующие технологии имеют свои барьеры. Рентгенологические методы не дают прямой информации о состоянии нервных стволов, а магнитно-резонансная томография, несмотря на высокую тканевую контрастность, ограничена в связи со значительной протяженностью исследуемых структур и нелинейным ходом периферических нервов; выявление мелких нервов голени и стопы может быть затруднено или невозможно [14–16]. На этом фоне ультразвуковое исследование (УЗИ) периферических нервов за последнее десятилетие стало востребованным инструментом: этот широкодоступный, экономичный и неинвазивный метод диагностики дает возможность проследивать нерв на всем протяжении, оценивать эхоструктуру и площадь поперечного сечения (ППС) даже у мелких стволов (икроножный, ветви глубокого малоберцового нерва) [17–20].

Ряд исследований у больных сахарным диабетом показал незначительное увеличение ППС крупных периферических нервов (локтевой, срединный, большеберцовый, малоберцовый) уже на доклинических стадиях и более выраженное — при сочетании сахарного диабета с ДДПН; выявлялись также связи между ППС и тяжестью невропатии, а в отдельных работах — корреляции с уровнем гликированного гемоглобина (HbA1c) [19–22]. Однако представленные в научной литературе данные неоднородны: не все авторы подтверждали ассоциации определенных УЗ-паттернов с гликемическим контролем или длительностью диабета, что подчеркивает необходимость стандартизации диагностических ультразвуковых критериев при исследовании периферических нервов у пациентов с сахарным диабетом.

С учетом высокой частоты ДДПН, трудностей ее раннего выявления и ограничений классических методов диагностики представляется актуальным активное внедрение в клиническую практику высокочастотного сканирования периферических нервов.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель настоящей работы заключалась в оценке диагностической значимости УЗИ периферических нервов нижних конечностей для ранней диагностики ДДПН. По нашему мнению, данная методика способна внести значитель-

ный вклад в своевременную диагностику диабетической невропатии, определить целевые группы для интенсификации метаболического контроля и патогенетической терапии и, в конечном счете, повлиять на прогноз и качество жизни пациентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на клинической базе ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России. В исследование были включены 50 пациентов с СД2 (16 мужчин и 34 женщины) в возрасте от 48 до 59 лет, с длительностью заболевания не более 1 года с момента установки диагноза. Для отбора участников исследования использовались современные диагностические критерии сахарного диабета [1]. В исследование не включались больные с сахарным диабетом 1-го типа, предиабетом, пациенты с недиабетическими полиневропатиями, к которым относились: невропатии при наследственных и соматических заболеваниях, паранеопластические невропатии, травматические и компрессионные невропатии, воспалительные, метаболические/эндокринные недиабетические невропатии, токсические невропатии (алкогольная, отравление тяжелыми металлами, лекарственные), аутоиммунные невропатии; пациенты, перенесшие операции на позвоночнике, переломы позвонков и нижних конечностей, с заболеваниями центральной нервной системы, психическими нарушениями, ишемией нижних конечностей, дефектами кожи в местах визуализации нервных стволов и отеками на ногах, затрудняющими проведение УЗИ. Контрольную группу составили 15 практически здоровых лиц, без нарушений углеводного обмена в анамнезе, сопоставимых по полу и возрасту. Все обследованные дали письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

У всех пациентов проводился сбор жалоб и анамнеза, уточнялось наличие сопутствующей патологии и характер медикаментозной терапии, проводилось общее физикальное и неврологическое обследование. Субъективные симптомы невропатии оценивались с использованием шкалы нейропатического симптоматического счета (Neurological Symptoms Score, NSS) [1]. Обязательный осмотр нижних конечностей включал: оценку цвета, влажности, целостности кожных покровов, наличие гиперкератоза, отеков, анатомических изменений в суставах и мышцах. Оценивалась пульсация на

периферических артериях стоп. Неврологическое обследование включало проверку чувствительности, силы мышц, рефлексов, мышечного тонуса по стандартным методикам. Неврологический дефицит фиксировали согласно шкале нейропатического дисфункционального счета (Neuropathy Disability Score, NDS) [23] с помощью неврологического инструментария: монофиламент 10 г, тестер «ТипТерм», градуированный камертон 128 Гц, неврологическая игла и молоточек с оценкой нарушения различных видов чувствительности (болевой, температурной, тактильной, вибрационной) и изменений сухожильных рефлексов. Чувствительность определяли согласно руководству для врачей «Неврологический статус и его интерпретация» [24].

С целью выявления возможных причин недиабетических невропатий всем участникам однократно проводилось углубленное лабораторное обследование, которое, наряду с общеклиническими исследованиями, включало оценку биохимическими методами показателей функции печени и почек, липидограммы, уровня витамина B₁₂ и тиреотропного гормона. Лабораторная оценка показателей углеводного обмена осуществлялась на основании определения уровня глюкозы плазмы крови натощак, постпрандиального уровня глюкозы, гликированного гемоглобина (HbA1c). Перед началом исследования по показаниям с учетом данных анамнеза и предъявляемых жалоб осуществлялись регистрация электрокардиограммы, рентгенологическое исследование пояснично-крестцового отдела позвоночника и нижних конечностей, проводился осмотр врачами смежных специальностей.

Всем участникам исследования выполнялось билатеральное УЗИ периферических нервов нижних конечностей (большеберцового и общего малоберцового) в положении пациента лежа на животе. УЗИ проводилось на аппарате экспертного класса GE Voluson P8 линейным датчиком 12L-RS с диапазоном рабочих частот 4–12 МГц и включало: В-режим, режим цветового доплеровского картирования (ЦДК). При нативном УЗИ в поперечном и продольном сечении оценивали следующие параметры одноименных нервов: целостность нерва, однородность структуры, выраженность оболочки нервного волокна (эпинеурия), экзогенность нервных стволов, отсутствие патологических образований в структуре, дифференцировку на фасцикулы, наличие изменений в структуре окружающих тканей. Оценка размеров исследуемых нервов проводилась путем измерения

ППС на следующих участках: большеберцовый нерв — на уровне 1–3 см проксимальнее медиальной лодыжки; общий малоберцовый нерв — по латеральной поверхности подколенной ямки на 0,5 см выше головки малоберцовой кости. За нормативные ультразвуковые значения размеров нервов принимались общепринятые данные [25, 26].

Статистический анализ полученных результатов осуществлялся с помощью программы SPSS for Windows 26.0. При нормальном распределении данных количественные показатели представляли в формате $M \pm \sigma$, где M — среднее арифметическое значение, σ — среднее квадратичное отклонение, и использовали параметрические методы статистического анализа: двухвыборочный критерий Стьюдента для сравнения количественных характеристик двух групп. При распределении, отличном от нормального закона, применялись методы непараметрической статистики: тест Манна–Уитни для оценки различий исследуемых показателей между двумя независимыми выборками, критерий Краскела–Уоллиса для рангового дисперсионного анализа при групповом сравнении более двух независимых выборок. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха $Me [Q1; Q3]$ либо в виде абсолютных

и относительных показателей. Непараметрический критерий χ^2 Пирсона использовался для определения статистической значимости различий качественных признаков в независимых подгруппах. Уровнем статистической значимости различий было принято $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам оценки клинических симптомов (жалобы на онемение и зябкость стоп, судороги в мышцах голеней и стоп, ощущения жжения и покалывания, усиливающиеся в вечернее и ночное время), данных общего и неврологического осмотра, определения состояния периферической чувствительности, а также результатов обследования по шкалам NDS и NSS из общей когорты больных СД2 были сформированы две группы пациентов: одну составили больные с клиническими признаками диабетической дистальной полиневропатии (СД2+ДДПН) — 25 человек, во вторую вошли 25 пациентов с СД2 без ДДПН. Согласно использованным неврологическим шкалам, неврологический статус больных в группе с ДДПН в целом был оценен по шкале NDS как умеренно выраженный (8 баллов), по шкале NSS — как незначительно выраженный

Таблица 1

Клинико-демографические характеристики пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и контрольной группы

Table 1

Clinical and demographic characteristics of patients with type 2 diabetes mellitus and control group

Показатели / Parameters	СД2+ДДПН / T2DM+DPN (n=25) Me [Q1; Q3]	СД2 без ДДПН / T2DM without DPN (n=25) Me [Q1; Q3]	Контрольная группа / Control group (n=15) Me [Q1; Q3]	P-value
Пол (женщины/ мужчины) / Gender (female/male)	19/6	15/10	8/7	0,279*
Возраст, годы / Age, years	54 [52; 56]	50 [49; 53]	48 [47; 52]	0,141*
Индекс массы тела, кг/м ² / Body mass index, kg/m ²	26,7 [25,3; 27,1]	26,8 [25,4; 27,6]	25,1 [24,8; 25,9]	0,950*
Препрандиальная глюкоза, ммоль/л / Preprandial glucose, mmol/l	7,4 [7,0; 7,7]	7,1 [6,8; 7,5]	4,2 [3,9; 4,9]	0,0001* 0,893#
Постпрандиальная глюкоза, ммоль/л / Postprandial glucose, mmol/l	8,6 [8,3; 8,9]	7,8 [7,2; 8,2]	6,2 [5,8; 6,9]	0,00001* 0,786#
Гликированный гемоглобин, % / Glycated hemoglobin, %	7,8 [7,5; 8,0]	7,5 [7,0; 7,8]	5,0 [4,4; 5,5]	0,00001* 0,872#
Длительность СД2, месяцы / T2DM duration, months	7 [4; 9]	6 [4; 8]	—	0,654#

Примечание: ДДПН — диабетическая дистальная полиневропатия; СД2 — сахарный диабет 2-го типа; * — уровень статистической значимости различий по критерию Краскела–Уоллиса; # — уровень статистической значимости различий между группами СД2+ДДПН и СД2 без ДДПН по критерию Манна–Уитни.

Note: DPN — diabetic distal polyneuropathy; T2DM — type 2 diabetes mellitus; * — the level of statistical significance of differences according to the Kruskal–Wallis test; # — the level of statistical significance of differences between the groups of T2DM+DPN and T2DM without DPN according to the Mann–Whitney test

Таблица авторов данной статьи / The table by the authors of this article

(5 баллов). Основные характеристики пациентов с СД2 и контрольной группы представлены в табл. 1.

Таким образом, сформированные группы были сопоставимы по возрасту, гендерному составу и индексу массы тела. Больные СД2 в сформированных группах статистически значимо не отличались по уровню гликемического контроля и длительности СД2. В то же время имелись статистически значимые различия по показателям углеводного обмена между пациентами с СД2 и лицами контрольной группы.

При анализе данных, полученных по результатам УЗИ большеберцового и общего малоберцового нервов, как в группах пациентов с СД2, так и в контрольной группе не было зафиксировано нарушений анатомической целостности изучаемых нервных стволов, изменения васкуляризации в режиме ЦДК, интраневральных образований и патологических изменений окружающих тканей. Однако были выявлены статистически значимые различия при оценке эхогенности и фасцикулярной структуры изучаемых нервов в группах больных СД2 и в контрольной группе. Данные представлены на рис. 1.

Так, в контрольной группе у всех участников исследования визуализировалась четкая внутренняя архитектура большеберцового и общего малоберцового нервов с чередованием гипо- и гиперэхогенных включений при поперечном и продольном сканировании, хорошо выраженный яркий гиперэхогенный эпиневр и нормальная эхогенность нервного волокна. Пример сонограммы общего малоберцового нерва в поперечном и продольном сечении у участника контрольной группы представлен на рис. 2.

По результатам УЗИ большеберцового нерва в общей когорте больных с СД2 у 28 (56%) пациентов отмечалось снижение эхогенности нервного ствола с нарушением внутренней дифференцировки на волокна. При этом выявленные изменения в эхоструктуре большеберцового нерва статистически значимо чаще наблюдались в группе больных СД2 с ДДПН по сравнению с группой СД2 без ДДПН: у 20 (80%) и 8 (32%) пациентов соответственно ($p < 0,05$), а также по сравнению с контрольной группой ($p < 0,01$). Различия по частоте выявления пониженной эхогенности большеберцового нерва с нечеткой внутренней дифференцировкой между группой больных СД2 без ДДПН и контрольной группой также были статистически значимыми ($p < 0,05$). Пример сонограммы большеберцового нерва в попереч-



Рис. 1. Распределение включенных в исследование пациентов по результатам оценки структуры периферических нервов: ДДПН — диабетическая дистальная полиневропатия; СД2 — сахарный диабет 2-го типа (рисунок подготовлен авторами по собственным данным)

Fig. 1. Distribution of patients included in the study based on the results of peripheral nerve structure assessment: DPN — diabetic distal polyneuropathy; T2DM — diabetes mellitus type 2 (the figure is prepared by the authors using their own data)

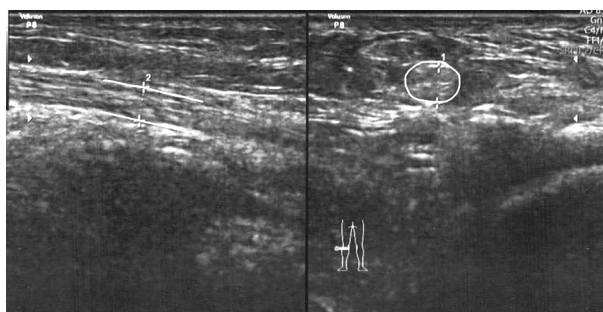


Рис. 2. Продольная и поперечная сонограммы общего малоберцового нерва участника контрольной группы: визуализируется изоэхогенная структура нервного ствола с четкой внутренней дифференцировкой на фасцикулы (фото из архива П.Б. Шороховой)

Fig. 2. Longitudinal and transverse ultrasonogram of the common peroneal nerve in control group participant showing normalechotexture of the nerve bundle with clear fascicular definition (photo from the archive of P.B. Shorokhova)

ном и продольном сечении у пациента с СД2 и клиническими признаками ДДПН представлен на рис. 3.

Гипоэхогенность и утрата нормального фасцикулярного строения по данным УЗИ общего малоберцового нерва визуализировалась у 18 (36%) пациентов с СД2. И также статистически значимо чаще выявлялась в группе ДДПН —

у 13 (52%) больных по сравнению с пациентами в группе СД2 без клинических признаков ДДПН, где данные изменения общего малоберцового нерва отмечались только у 5 (20%) больных ($p < 0,05$). Частота выявления нарушения эхо-структуры общего малоберцового нерва у пациентов с СД2 как в группе с ДДПН, так и в группе без ДДПН по сравнению с контрольной группой была статистически значимо выше ($p < 0,01$).

Утрата фасцикулярного рисунка — ключевой критерий патологических изменений,

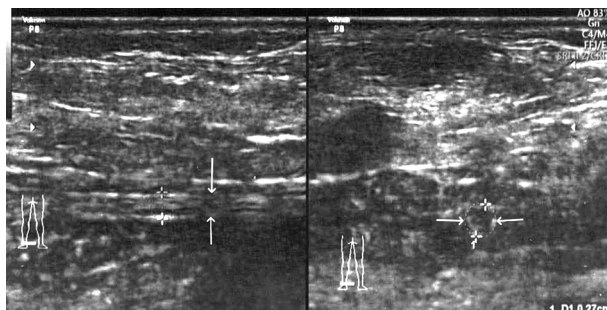


Рис. 3. Продольная и поперечная сонограммы большеберцового нерва у пациента с СД2 и ДДПН: визуализируется значительное снижение эхогенности нервного ствола с нарушением внутренней дифференцировки на волокна, нечеткость гиперэхогенной адвентиции нерва (фото из архива П.Б. Шороховой)

Fig. 3. Longitudinal and transverse ultrasonogram of the tibial nerve in T2DM patient with DPN showing that the echo intensity of the nerve is significantly decreased, the internal nerve bundle structure is blurred, hyper-echoic nerve adventitia is not clear (photo from the archive of P.B. Shorokhova)

отражающий разрушение нормальной «сотовой» структуры нерва. Она может свидетельствовать о структурной дезинтеграции нервного волокна у больных с диабетической полиневропатией, выражающейся в интерстициальном отеке эндоневрия, фиброзе и утолщении периневрия, ремоделировании соединительной ткани на фоне хронической ишемии вследствие диабетической микроангиопатии. Подобные изменения архитектоники периферических нервов описаны в ряде научных работ и рассматриваются как ультразвуковые маркеры демиелинизирующих и аксональных процессов при ДДПН [27–29].

Результаты измерения ППС большеберцового и общего малоберцового нервов в ходе проведенного УЗИ представлены в табл. 2.

Полученные в настоящем исследовании результаты по измерению ППС большеберцового и общего малоберцового нервов в контрольной группе оказались сопоставимы с опубликованными ранее в отечественной и зарубежной литературе нормативными значениями ППС нервов нижних конечностей у здоровых добровольцев, что в целом свидетельствует о высокой воспроизводимости результатов УЗИ периферических нервов [25, 26].

По результатам проведенного исследования установлено статистически значимое увеличение ППС большеберцового и общего малоберцового нервов у больных с клинически выраженной ДДПН по сравнению не только с группой контроля, но и с пациентами с СД2 без признаков полиневропатии. При этом ППС

Таблица 2

Площадь поперечного сечения периферических нервов нижних конечностей в группах пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и в контрольной группе

Table 2

The cross-sectional area of lower limb nerves in patients with type 2 diabetes mellitus and control group

Показатель / Parameters	СД2+ДДПН / T2DM+DPN (n=25) M±σ	СД 2 без ДДПН / T2DM without DPN (n=25) M±σ	Контрольная группа / Control group (n=15) M±σ	P-value
ППС большеберцового нерва, мм ² / The tibial nerve CSA, mm ²	15±2,1	12,4±1,6	10,5±1,2	<0,0001* <0,0001** <0,0001***
ППС малоберцового нерва, мм ² / The common peronea lnerve CSA, mm ²	12,1±2,4	10,7±1,1	8,3±1,1	< 0,001* <0,001** <0,001***

Примечание: ДДПН — диабетическая дистальная полиневропатия; ППС — площадь поперечного сечения; СД2 — сахарный диабет 2-го типа; * — уровень статистической значимости различий между группами СД2+ДДПН и контрольной группой; ** — уровень статистической значимости различий между группами СД2 без ДДПН и контрольной группой; *** — уровень статистической значимости различий между группами СД2+ДДПН и СД2 без ДДПН.

Note: DPN — diabetic distal polyneuropathy; CSA — cross-sectional area; T2DM — type 2 diabetes mellitus; * — the level of statistical significance of differences between the groups of T2DM+DPN and the control group; ** — the level of statistical significance of differences between the groups of T2DM without DPN and the control group; *** — the level of statistical significance of differences between the groups of T2DM+DPN and T2DM without DPN.

Таблица авторов данной статьи / The table by the authors of this article

большеберцового нерва в группе СД2 с ДДПН была больше ППС одноименного нерва в группе контроля на $4,5 \text{ мм}^2$ ($p < 0,0001$) и больше ППС большеберцового нерва в группе СД2 без ДДПН на $2,6 \text{ мм}^2$ ($p < 0,0001$). Различия по ППС большеберцового нерва у пациентов СД2 без ДДПН и участников контрольной группы составили $1,9 \text{ мм}^2$ ($p < 0,0001$). Аналогичные результаты были продемонстрированы в крупном метаанализе, проведенном Т. Senarai и соавт. в 2022 г. В данной работе увеличение ППС большеберцового нерва у пациентов СД2 и ДДПН по сравнению с контрольной группой и больными СД2 без ДДПН составило $4,32 \text{ мм}^2$ и $1,93 \text{ мм}^2$ соответственно ($p < 0,01$); ППС большеберцового нерва в группе СД2 без ДДПН превышала контрольную на $2,16 \text{ мм}^2$ ($p < 0,01$) [30].

Площадь поперечного сечения общего малоберцового нерва в группе пациентов с СД2 и ДДПН была статистически значимо больше по сравнению с ППС данного нерва у здоровых лиц (на $3,8 \text{ мм}^2$; $p < 0,001$), а также с группой СД2 без ДДПН (на $1,4 \text{ мм}^2$; $p < 0,001$). Различия по ППС общего малоберцового нерва у пациентов СД2 без ДДПН и участников контрольной группы составили $2,4 \text{ мм}^2$ ($p < 0,001$). Пример сонограммы общего малоберцового нерва с оценкой ППС представлен на рис. 4.

Результаты опубликованных в доступной мировой научной литературе работ по оценке ППС других периферических нервов нижних конечностей (заднего большеберцового,

седалищного, икроножного) подтверждают сходные тенденции по увеличению ППС изучаемых нервов у пациентов с СД2, что, по всей видимости, говорит о мультифокальном характере диабетической дистальной полиневропатии [31–33]. Полученные нами данные полностью согласуются с результатами международных исследований, в которых продемонстрированы аналогичное расширение нервных стволов и структурные изменения периферических нервов у пациентов с СД2, которые обнаруживались до начала клинических проявлений невропатии и тесно коррелировали с тяжестью ДДПН [34, 35].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты данного исследования свидетельствуют о том, что УЗИ является перспективным, доступным и высокоинформативным методом выявления ранних морфологических изменений периферических нервов нижних конечностей при ДДПН. Высокочастотное УЗИ позволяет объективно оценивать площадь поперечного сечения нерва, его эхогенность и фасцикулярную структуру. По результатам проведенной работы у больных СД2 и симптомами ДДПН значимо чаще выявлялось нарушение внутренней эхоструктуры, а также увеличение ППС большеберцового и общего малоберцового нерва по сравнению с пациентами без клинических признаков ДДПН. В то же время между группой пациентов с СД2 без ДДПН и контрольной группой здоровых лиц также имелись статистически значимые различия по изучаемым параметрам. Таким образом, увеличение ППС и изменение архитектоники нервного ствола могут служить дополнительными диагностическими маркерами поражения периферических нервов у больных СД2 как на этапе скрининга, так и при оценке тяжести ДДПН. Включение УЗИ в стандартный диагностический алгоритм СД2 может повысить выявляемость субклинических форм ДДПН, улучшить стратификацию риска и оптимизировать тактику ведения пациентов. Учитывая минимальное количество противопоказаний, техническую и экономическую доступность метода, УЗИ является подходящим инструментом для широкого внедрения в клиническую практику эндокринологов и неврологов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции,

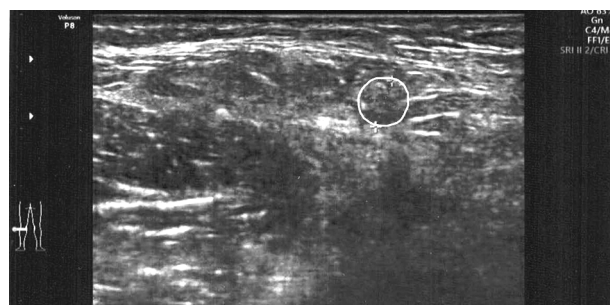


Рис. 4. Поперечная сонограмма общего малоберцового нерва у пациента с СД2 и ДДПН: при поперечном сканировании общего малоберцового нерва визуализируется сниженная эхогенность нерва с утратой нормального фасцикулярного строения, отсутствует четкая линия эпинеурия, площадь поперечного сечения составляет 14 мм^2 (фото из архива П.Б. Шороховой)

Fig. 4. Transverse ultrasonogram of the common peroneal nerve in T2DM patient with DPN: in the cross section of common peroneal nerve the echogenicity of the nerve is decreased with the loss of fascicular definition and so a clear line of demarcation of epineurium is absent, and the cross-sectional area was 14 мм^2 (photo from the archive of P.B. Shorokhova)

проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

- Дедов И.И., Шестакова М.В., Сухарева О.Ю. и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. *Сахарный диабет*. 2025;28(5 S):1–175. <https://doi.org/10.14341/DM2025S>.
- Bin Z., Archie W.R., Edward W.G., Kate E.S., Rodrigo M.C., James E.B. et al. Worldwide trends in diabetes prevalence and treatment from 1990 to 2022: a pooled analysis of 1108 population-representative studies with 141 million participants. *Lancet*. 2024;404(10467):2077–2093. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)02317-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02317-1).
- Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А., Сазонова Д.В. и др. Сахарный диабет в Российской Федерации: динамика эпидемиологических показателей по данным Федерального регистра сахарного диабета за период 2010–2022 гг. *Сахарный диабет*. 2023;26(2):104–123. <https://doi.org/10.14341/DM13035>. EDN: DVDJWJ.
- Gao L., Qin J., Chen Y., Jiang W., Zhu D., Zhou X. et al. Risk factors for subclinical diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2024;17:417–426. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S433024>.
- Boulton A.J., Vinik A.I., Arezzo J.C., Bril V., Feldman E.L., Freeman R. et al. American Diabetes Association. Diabetic neuropathies: a statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2005;28(4):956–962. <https://doi.org/10.2337/di-acare.28.4.956>.
- Nkonge K.M., Nkonge D.K., Nkonge T.N. Screening for diabetic peripheral neuropathy in resource-limited settings. *Diabetol Metab Syndr*. 2023;15(1):55. <https://doi.org/10.1186/s13098-023-01032-x>.
- Wang F., Zhang J., Yu J., Liu S., Zhang R., Ma X. et al. Diagnostic accuracy of monofilament tests for detecting diabetic peripheral neuropathy: a systematic review and meta-analysis. *J Diabetes Res*. 2017;2017:8787261. <https://doi.org/10.1155/2017/8787261>.
- Spallone V., Morganti R., Siampli M., Fedele T., D'Amato C., Cacciotti L. et al. Neuropad as a diagnostic tool for diabetic autonomic and sensorimotor neuropathy. *Diabet Med*. 2009;26(7):686–692. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02760.x>.
- Newlin Lew K., Arnold T., Cantelmo C., Jacque F., Posada-Quintero H., Luthra P., Chon K.H. Diabetes distal peripheral neuropathy: subtypes and diagnostic and screening technologies. *J Diabetes Sci Technol*. 2022;16(2):295–320. <https://doi.org/10.1177/19322968211035375>.
- Vas P.R.J., Edmonds M.E. Early recognition of diabetic peripheral neuropathy and the need for one-stop microvascular assessment. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2016;4(9):723–725. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(16\)30063-8](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)30063-8).
- Ряуткина Л.А., Полторацкая Е.С., Пахомов И.А., Ряуткин Д.С., Шепанкевич Л.А., Первуническая М.А. Электронейромиография в диагностике ранних стадий диабетической нейропатии — приглашение к дискуссии эндокринологов, неврологов, электрофизиологов. *Медицинский Совет*. 2016;(10):156–162. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-10-156-162>. EDN: XUYAJD.
- Ремнев А.Г., Олейников А.А. Электронейромиография: анализируемые параметры. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013;10(2):281–282. EDN: RCMTJZ.
- Мазуренко Е.С., Ряуткина Л.А., Пахомов И.А., Чешева Е.В., Гаврилова Л.О. Ранняя диагностика диабетической дистальной полинейропатии с помощью электронейромиографии. *Сахарный диабет*. 2019;22(2):141–150. <https://doi.org/10.14341/DM9830>. EDN: IKZPSU.
- Zaidman C.M., Seelig M.J., Baker J.C., Mackinnon S.E., Pestronk A. Detection of peripheral nerve pathology: Comparison of ultrasound and MRI. *Neurology*. 2013;80(18):1634–40. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182904f3f>.
- Pham M., Oikonomou D., Baumer P., Bierhaus A., Heiland S., Humpert P.M. et al. Proximal neuropathic lesions in distal symmetric diabetic polyneuropathy: findings of

- high-resolution magnetic resonance neurography. *Diabetes Care*. 2011;34(3):721–723. <https://doi.org/10.2337/dc10-1491>.
16. Pham M., Oikonomou D., Hornung B., Weiler M., Heiland S., Baumer P. et al. Magnetic resonance neurography detects diabetic neuropathy early and with proximal predominance. *Ann Neurol*. 2015;78(6):939. <https://doi.org/10.1002/ana.24524>.
 17. Watanabe T., Ito H., Sekine A., Katano Y., Nishimura T., Kato Y. et al. Sonographic evaluation of the peripheral nerve in diabetic patients: the relationship between nerve conduction studies, echo intensity, and cross-sectional area. *J Ultrasound Med*. 2010;29(5):697–708. <https://doi.org/10.7863/jum.2010.29.5.697>.
 18. Шуст Ю.А., Лебедева Е.В., Жестовская С.И. Комплексное ультразвуковое исследование сосудов и периферических нервов у пациентов с синдромом диабетической стопы. *Медицинская визуализация*. 2016;(2):110–114. EDN: VWOISB.
 19. Wang C., Wang H., Zhou Y., Zhang S., Huang M. Evaluation of the clinical value of shear wave elastography for early detection and diagnosis of diabetic peripheral neuropathy: a controlled preliminary prospective clinical study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):1120. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-06085-z>.
 20. Chen R., Wang X.L., Xue W.L., Sun J.W., Dong X.Y., Jiang Z.P. et al. Application value of conventional ultrasound and real-time shear wave elastography in patients with type 2 diabetic polyneuropathy. *Eur J Radiol*. 2020;126:108965. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108965>.
 21. Breiner A., Qrimli M., Ebadi H., Alabdali M., Lovblom L.E., Abraham A. et al. Peripheral nerve high-resolution ultrasound in diabetes. *Muscle Nerve*. 2017;55(2):171–178. <https://doi.org/10.1002/mus.25223>.
 22. Kelle B., Evran M., Balli T., Yavuz F. Diabetic peripheral neuropathy: correlation between nerve cross-sectional area on ultrasound and clinical features. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016;29(4):717–722. <https://doi.org/10.3233/bmr-160676>.
 23. Dyck P.J., Davies J.L., Litchy W.J., O'Brien P.C. Longitudinal assessment of diabetic polyneuropathy using a composite score in the Rochester Diabetic Neuropathy Study cohort. *Neurology*. 1997;49(1):229–239. <https://doi.org/10.1212/wnl.49.1.229>.
 24. Скоромец А.А., Скоромец А.П., Скоромец Т.А., ред. Дьяконов М.М. Неврологический статус и его интерпретация. М.: МЕДпресс-информ; 2019.
 25. Boehm J., Scheidl E., Bereczki D., Schelle T., Arányi Z. High-resolution ultrasonography of peripheral nerves: measurements on 14 nerve segments in 56 healthy subjects and reliability assessments. *Ultraschall Med*. 2014;35(5):459–467. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1356385>.
 26. Наумова Е.С., Никитин С.С., Дружинин Д.С. Количественные сонографические характеристики периферических нервов у здоровых людей. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017;1(1):55–61. EDN: OQAUHR.
 27. Goyal K., Aggarwal P., Gupta M. Ultrasound evaluation of peripheral nerves of the lower limb in diabetic peripheral neuropathy. *Eur J Radiol*. 2021;145:110058. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.110058>.
 28. Wang K., Yu D., Yao T., Zhang S., Wen L., Gu C. Retrospective study of the ultrasound characteristics of the tibial nerve in patients with type 2 diabetic peripheral neuropathy. *Ann Palliat Med*. 2021;10(8):8787–8796. <https://doi.org/10.21037/apm-21-1573>.
 29. Lopez-Delgadillo P.E., Salazar-Lopez O.G. Ultrasound features of diabetic peripheral neuropathy. *J Mex Fed Radiol Imaging*. 2023;2(3):205–212. <https://doi.org/10.24875/JMEXFRI.M23000058>.
 30. Senarai T., Pratipanawatr T., Yurasakpong L., Limwachiranon J., Phanthong P., Meemon K. et al. Cross-sectional area of the tibial nerve in diabetic peripheral neuropathy patients: a systematic review and meta-analysis of ultrasonography studies. *Medicina. Kaunas*. 2022;58(12):1696. <https://doi.org/10.3390/medicina58121696>.
 31. Oduola-Owoo L.T., Adeyomoye A.A., Omidiji O.A., Idowu B.M., Oduola-Owoo B.B., Odeniyi I.A. Posterior tibial nerve ultrasound assessment of peripheral neuropathy in adults with type 2 diabetes mellitus. *J Med Ultrasound*. 2023;32(1):62–69. https://doi.org/10.4103/jmu.jmu_13_23.
 32. Ludi Z., Liao M.Y.Q., Yong B.S.J., Auyong A.S.Y., Lynette Q.H.T., Yeo S.J. et al. Morphometry of the sural nerve in diabetic neuropathy: a systematic review. *J Ultrasound*. 2024;27(2):225–239. <https://doi.org/10.1007/s40477-024-00875-y>.
 33. Mooshage C.M., Tsilingiris D., Schimpfle L., Seebauer L., Eldesouky O., Aziz-Safaie T. et al. A diminished sciatic nerve structural integrity is associated with distinct peripheral sensory phenotypes in individuals with type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2024;67(2):275–289. <https://doi.org/10.1007/s00125-023-06050-y>.
 34. Watanabe T., Ito H., Sekine A., Katano Y., Nishimura T., Kato Y. et al. Sonographic evaluation of the peripheral nerve in diabetic patients: the relationship between nerve conduction studies, echo intensity, and cross-sectional area. *J Ultrasound Med*. 2010;29(5):697–708. <https://doi.org/10.7863/jum.2010.29.5.697>.
 35. Kosaka A., Uetake H. Morphological changes of the peripheral nerves evaluated by high-resolution ultrasonography are associated with the severity of diabetic neuropathy, but not corneal nerve fiber pathology in patients with type 2 diabetes. *J Diabetes Investig*. 2015;6(3):334–342. <https://doi.org/10.1111/jdi.12299>.

REFERENCES

1. Dedov I.I., Shestakova M.V., Sukhareva O.Y. et al. Algorithms for specialized medical care for patients with

- diabetes mellitus. *Diabetes Mellitus*. 2025;28(5S):1–175. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/DM20255S>.
2. Bin Z., Archie W.R., Edward W.G., Kate E.S., Rodrigo M.C., James E.B. et al. Worldwide trends in diabetes prevalence and treatment from 1990 to 2022: a pooled analysis of 1108 population-representative studies with 141 million participants. *Lancet*. 2024;404(10467):2077–2093. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)02317-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02317-1).
3. Dedov I.I., Shestakova M.V., Vikulova O.K., Zheleznyakova A.V., Isakov M.A., Sazonova D.V., Mokrysheva N.G. Diabetes mellitus in the Russian Federation: dynamics of epidemiological indicators according to the Federal Diabetes Registry for the period 2010–2022. *Diabetes Mellitus*. 2023;26(2):104–123. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/DM13035>. EDN: DVDJWJ.
4. Gao L., Qin J., Chen Y., Jiang W., Zhu D., Zhou X. et al. Risk factors for subclinical diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2024;17:417–426. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S433024>.
5. Boulton A.J., Vinik A.I., Arezzo J.C., Bril V., Feldman E.L., Freeman R. et al. American Diabetes Association. Diabetic neuropathies: a statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2005;28(4):956–962. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.4.956>.
6. Nkonge K.M., Nkonge D.K., Nkonge T.N. Screening for diabetic peripheral neuropathy in resource-limited settings. *Diabetol Metab Syndr*. 2023;15(1):55. <https://doi.org/10.1186/s13098-023-01032-x>.
7. Wang F., Zhang J., Yu J., Liu S., Zhang R., Ma X. et al. Diagnostic accuracy of monofilament tests for detecting diabetic peripheral neuropathy: a systematic review and meta-analysis. *J Diabetes Res*. 2017;2017:8787261. <https://doi.org/10.1155/2017/8787261>.
8. Spallone V., Morganti R., Siampli M., Fedele T., D’Amato C., Cacciotti L. et al. Neuropad as a diagnostic tool for diabetic autonomic and sensorimotor neuropathy. *Diabet Med*. 2009;26(7):686–692. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02760.x>.
9. Newlin Lew K., Arnold T., Cantelmo C., Jacque F., Posada-Quintero H., Luthra P., Chon K.H. Diabetes distal peripheral neuropathy: subtypes and diagnostic and screening technologies. *J Diabetes Sci Technol*. 2022;16(2):295–320. <https://doi.org/10.1177/19322968211035375>.
10. Vas P.R.J., Edmonds M.E. Early recognition of diabetic peripheral neuropathy and the need for one-stop microvascular assessment. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2016;4(9):723–725. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(16\)30063-8](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)30063-8).
11. Ruyatkina L.A., Poltoratskaya E.S., Pakhomov I.A., Ruyatkin D.S., Schepankevich L.A., Pervuninskaya M.A. Electroneuromyography in the diagnosis of early stages of diabetic neuropathy — an invitation to discussion among endocrinologists, neurologists, and electrophysiologists. *Meditinskiy Sovet*. 2016;(10):156–162. (In Russ.). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-10-156-162>. EDN: XUYAJD.
12. Remnev A.G., Oleynikov A.A. Electroneuromyography: analyzed parameters. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2013;10(2):281–282. (In Russ.). EDN: RCMTJZ.
13. Mazurenko E.S., Ruyatkina L.A., Pakhomov I.A., Chesheva E.V., Gavrilova L.O. Early diagnosis of diabetic distal polyneuropathy using electroneuromyography. *Diabetes Mellitus*. 2019;22(2):141–150. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/DM9830>. EDN: IKZPSU.
14. Zaidman C.M., Seelig M.J., Baker J.C., Mackinnon S.E., Pestronk A. Detection of peripheral neuropathy: Comparison of ultrasound and MRI. *Neurology*. 2013;80(18):1634–40. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182904f3f>.
15. Pham M., Oikonomou D., Baumer P., Bierhaus A., Heiland S., Humpert P.M. et al. Proximal neuropathic lesions in distal symmetric diabetic polyneuropathy: findings of high-resolution magnetic resonance neurography. *Diabetes Care*. 2011;34(3):721–723. <https://doi.org/10.2337/dc10-1491>.
16. Pham M., Oikonomou D., Hornung B., Weiler M., Heiland S., Baumer P. et al. Magnetic resonance neurography detects diabetic neuropathy early and with proximal predominance. *Ann Neurol*. 2015;78(6):939. <https://doi.org/10.1002/ana.24524>.
17. Watanabe T., Ito H., Sekine A., Katano Y., Nishimura T., Kato Y. et al. Sonographic evaluation of the peripheral nerve in diabetic patients: the relationship between nerve conduction studies, echo intensity, and cross-sectional area. *J Ultrasound Med*. 2010;29(5):697–708. <https://doi.org/10.7863/jum.2010.29.5.697>.
18. Shust Yu.A., Lebedeva E.V., Zhestovskaya S.I. Comprehensive ultrasound examination of vessels and peripheral nerves in patients with diabetic foot syndrome. *Medical Visualization*. 2016;(2):110–114. (In Russ.). EDN: VWOISB.
19. Wang C., Wang H., Zhou Y., Zhang S., Huang M. Evaluation of the clinical value of shear wave elastography for early detection and diagnosis of diabetic peripheral neuropathy: a controlled preliminary prospective clinical study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):1120. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-06085-z>.
20. Chen R., Wang X.L., Xue W.L., Sun J.W., Dong X.Y., Jiang Z.P. et al. Application value of conventional ultrasound and real-time shear wave elastography in patients with type 2 diabetic polyneuropathy. *Eur J Radiol*. 2020;126:108965. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108965>.
21. Breiner A., Qrimli M., Ebadi H., Alabdali M., Lovblom L.E., Abraham A. et al. Peripheral nerve high-resolution ultrasound in diabetes. *Muscle Nerve*. 2017;55(2):171–178. <https://doi.org/10.1002/mus.25223>.
22. Kelle B., Evran M., Balli T., Yavuz F. Diabetic peripheral neuropathy: correlation between nerve cross-sectional area on ultrasound and clinical features. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016;29(4):717–722. <https://doi.org/10.3233/bmr-160676>.

23. Dyck P.J., Davies J.L., Litchy W.J., O'Brien P.C. Longitudinal assessment of diabetic polyneuropathy using a composite score in the Rochester Diabetic Neuropathy Study cohort. *Neurology*. 1997;49(1):229–239. <https://doi.org/10.1212/wnl.49.1.229>.
24. Skoromets A.A., Skoromets A.P., Skoromets T.A., ed. Dyakonov M.M. Neurological status and its interpretation. Moscow: MEDpress-inform; 2009. (In Russ.).
25. Boehm J., Scheidl E., Bereczki D., Schelle T., Arányi Z. High-resolution ultrasonography of peripheral nerves: measurements on 14 nerve segments in 56 healthy subjects and reliability assessments. *Ultraschall Med*. 2014;35(5):459–467. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1356385>.
26. Naumova E.S., Nikitin S.S., Druzhinin D.S. Quantitative sonographic parameters of the peripheral nerves in healthy individuals. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2017;11(1):55–61. (In Russ.). EDN: OQAUHR.
27. Goyal K., Aggarwal P., Gupta M. Ultrasound evaluation of peripheral nerves of the lower limb in diabetic peripheral neuropathy. *Eur J Radiol*. 2021;145:110058. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.110058>.
28. Wang K., Yu D., Yao T., Zhang S., Wen L., Gu C. Retrospective study of the ultrasound characteristics of the tibial nerve in patients with type 2 diabetic peripheral neuropathy. *Ann Palliat Med*. 2021;10(8):8787–8796. <https://doi.org/10.21037/apm-21-1573>.
29. Lopez-Delgadillo P.E., Salazar-Lopez O.G. Ultrasound features of diabetic peripheral neuropathy. *J Mex Fed Radiol Imaging*. 2023;2(3):205–212. <https://doi.org/10.24875/JMEXFRI.M23000058>.
30. Senarai T., Pratipanawatr T., Yurasakpong L., Limwachiranon J., Phanthong P., Meemon K. et al. Cross-sectional area of the tibial nerve in diabetic peripheral neuropathy patients: a systematic review and meta-analysis of ultrasonography studies. *Medicina. Kaunas*. 2022;58(12):1696. <https://doi.org/10.3390/medicina58121696>.
31. Oduola-Owoo L.T., Adeyomoye A.A., Omidiji O.A., Idowu B.M., Oduola-Owoo B.B., Odeniyi I.A. Posterior tibial nerve ultrasound assessment of peripheral neuropathy in adults with type 2 diabetes mellitus. *J Med Ultrasound*. 2023;32(1):62–69. https://doi.org/10.4103/jmu.jmu_13_23.
32. Ludi Z., Liao M.Y.Q., Yong B.S.J., Auyong A.S.Y., Lynette Q.H.T., Yeo S.J. et al. Morphometry of the sural nerve in diabetic neuropathy: a systematic review. *J Ultrasound*. 2024;27(2):225–239. <https://doi.org/10.1007/s40477-024-00875-y>.
33. Mooshage C.M., Tsilingiris D., Schimpfle L., Seebauer L., Eldesouky O., Aziz-Safaie T. et al. A diminished sciatic nerve structural integrity is associated with distinct peripheral sensory phenotypes in individuals with type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2024;67(2):275–289. <https://doi.org/10.1007/s00125-023-06050-y>.
34. Watanabe T., Ito H., Sekine A., Katano Y., Nishimura T., Kato Y. et al. Sonographic evaluation of the peripheral nerve in diabetic patients: the relationship between nerve conduction studies, echo intensity, and cross-sectional area. *J Ultrasound Med*. 2010;29(5):697–708. <https://doi.org/10.7863/jum.2010.29.5.697>.
35. Kosaka A., Uetake H. Morphological changes of the peripheral nerves evaluated by high-resolution ultrasonography are associated with the severity of diabetic neuropathy, but not corneal nerve fiber pathology in patients with type 2 diabetes. *J Diabetes Investig*. 2015;6(3):334–342. <https://doi.org/10.1111/jdi.12299>.

Об авторах

✉ **Валерия Андреевна Смирнова** — аспирант, кафедра эндокринологии имени академика В.Г. Баранова. E-mail: valeriagrishaeva1313@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-0907-8638>; SPIN: 6150-7351
Виталий Леонидович Баранов — д.м.н., профессор, профессор кафедры эндокринологии имени академика В.Г. Баранова. E-mail: bvl60@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7826-7184>; SPIN: 8100-7455
Наталья Владимировна Ворохобина — д.м.н., профессор, заведующая кафедрой эндокринологии имени академика В.Г. Баранова. E-mail: natvorokh@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9574-105X>; SPIN: 4062-6409
Полина Борисовна Шорохова — к.м.н., врач-эндокринолог. E-mail: poliamina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7765-2048>; SPIN: 1483-5931

Authors' info

✉ **Valeriia A. Smirnova** — Postgraduate Student, Department of Endocrinology named after Academician V.G. Baranov. E-mail: valeriagrishaeva1313@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-0907-8638>; SPIN: 6150-7351
Vitalii L. Baranov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Endocrinology named after Academician V.G. Baranov. E-mail: bvl60@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7826-7184>; SPIN: 8100-7455
Natalia V. Vorokhobina — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Endocrinology named after Academician V.G. Baranov. E-mail: natvorokh@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9574-105X>; SPIN: 4062-6409
Polina B. Shorokhova — Cand. Sci. (Med.), Endocrinologist. E-mail: poliamina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7765-2048>; SPIN: 1483-5931