

## РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ ДИСТАЛЬНОЙ ПОЛИНЕЙРОПАТИИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИИ



© Е.С. Мазуренко<sup>1,2\*</sup>, Л.А. Руюткина<sup>3</sup>, И.А. Пахомов<sup>1</sup>, Е.В. Чешева<sup>1</sup>, Л.О. Гаврилова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН», Новосибирск

<sup>3</sup>Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск

<sup>4</sup>Инновационный медико-технологический центр «Медицинский технопарк», Новосибирск

**ОБОСНОВАНИЕ.** Диабетическая дистальная полинейропатия (ДДПН) является предиктором развития синдрома диабетической стопы (СДС), образования язв и ампутаций нижних конечностей, что определяет актуальность ранней верифицированной диагностики ДДПН.

**ЦЕЛЬ.** Оценить возможности ранней диагностики ДДПН методом электронейромиографии.

**МЕТОДЫ.** Исследование проводилось на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна». Всего обследовано 80 лиц – 30 человек с сахарным диабетом 2 типа (СД2), 30 – без нарушений углеводного обмена (НУО) – контрольная группа (КГ), сопоставимых по полу и возрасту, а также 20 здоровых добровольцев 20–30 лет. Лица, включенные в КГ, не имели НУО в анамнезе, уровень глюкозы в венозной плазме натощак был менее 6,0 ммоль/л, гликированного гемоглобина (HbA<sub>1c</sub>) – менее 5,7%. Все обследованные не имели симптомов и клинических признаков дистальной полинейропатии (ДПН). Участникам проведены оценка симптомов нейропатии по шкале Neuropathy Symptom Score (NSS), оценка признаков ДПН по шкале нейропатического дисфункционального счета (НДС), стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ).

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В группе СД2 по данным ЭНМГ нейропатия выявлена у 86,7% лиц. Сенсорный вариант ДДПН определен у 12 пациентов (40%), сенсомоторная нейропатия выявлена у 13 (43,3%) пациентов, у 1 пациента (3,3%) из подгруппы с СД2 выявлена моторная ДДПН. Наиболее часто поражались дополнительно обследованные медиальный и латеральный подошвенные нервы ( $p=0,018$  и  $p=0,002$  соответственно). В контрольной группе из 30 лиц у 9 (30%) выявлены признаки ДПН в сочетании с радикулопатией. ЭНМГ-показатели, свидетельствующие о ДДПН: латентность и амплитуда и скорости распространения возбуждения для 3 сенсорных (n. plantaris lateralis, n. plantaris medialis, n. suralis) и 2 моторных нервов (n. peroneus, n. tibialis), были значимо хуже у лиц с СД2, чем в КГ, как у обследованных с радикулопатией, так и без нее. Лица с СД2 и сенсомоторной ДДПН имели большую длительность диабета ( $p=0,503$ ), выше HbA<sub>1c</sub> ( $p=0,077$ ) и ИМТ ( $p=0,050$ ) в сравнении с обследованными с СД2 и сенсорной нейропатией, не достигая статистической значимости.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Результаты проведенного исследования подтвердили эффективность и пригодность ЭНМГ в ранней диагностике ДДПН, а также позволили выбрать необходимые для этого оптимальные показатели ЭНМГ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сахарный диабет; диабетическая дистальная полинейропатия; электронейромиография; диагностика

## ELECTRONEUROMYOGRAPHY FOR EARLY DIAGNOSIS OF DIABETIC DISTAL POLYNEUROPATHY

© Elena S. Mazurenko<sup>1,2\*</sup>, Ludmila A. Ruyatkina<sup>3</sup>, Igor A. Pakhomov<sup>1</sup>, Elena V. Chesheva<sup>1</sup>, Larisa O. GavriloVA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya. L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Research Institute of Internal and Preventive Medicine – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>Innovative medical and technological center "Medical Technopark", Novosibirsk, Russia

**BACKGROUND:** Diabetic distal polyneuropathy (DDPN) is a predictor of diabetic foot syndrome development, ulcer formation and lower limb amputation. An early DDPN diagnosis is therefore relevant.

**AIM:** To investigate the effectiveness and suitability of electroneuromyography (ENMG) for early DDPN diagnosis.

**MATERIALS AND METHODS:** This study was performed in the Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya. L. Tsivyan. A total of 80 participants were examined, including 30 DM2 patients, 30 patents without carbohydrate metabolism disorders, and 20 healthy volunteers aged 20–30 years. None of the participants showed clinical signs of



distal polyneuropathy (DPN). All participants underwent evaluation of neuropathy symptoms by the Neuropathy Symptom Score scale, neurological assessment using on the scale of Neuropathic Dysfunctional Score and stimulating ENMG.

**RESULTS:** ENMG revealed the presence of neuropathy in 86.7% of DM2 patients. Moreover, among DM2 patients, 12 (40%) presented sensory DDPN, 13 (43.3%) presented sensorimotor neuropathy and 1 (3.3%) presented motor DDPN. The medial and lateral plantar nerves were the most commonly affected ( $p = 0.018$  and  $p = 0.002$ , respectively). Among the 30 control individuals, 9 (30%) showed signs of DPN in combination with radiculopathy. ENMG - indicators of DDPN: latency and amplitude and speed for 3 sensory (n. Plantaris lateralis, n. Plantaris medialis, n. Suralis) and 2 motor nerves (n. Peroneus, n. Tibialis) were significantly worse in individuals with DM2 than in the control group, both for those with and without radiculopathy. Among participants with DM2, those sensorimotor DDPN tended to have a longer diabetes duration ( $p = 0.503$ ), higher levels of HbA<sub>1c</sub> ( $p = 0.077$ ) and higher BMI ( $p = 0.050$ ) than those with sensory neuropathy, although the differences were not significant.

**CONCLUSION:** This study confirms the effectiveness and suitability of ENMG for the early diagnosis of DDPN. Moreover, the optimal ENMG indices necessary for this diagnosis were identified.

**KEYWORDS:** diabetes mellitus; diabetic distal polyneuropathy; electroneuromyography; diagnosis

## ОБОСНОВАНИЕ

Заболеваемость синдромом диабетической стопы (СДС) растет соразмерно распространению сахарного диабета (СД) и увеличению ожидаемой продолжительности жизни у этих пациентов. В 2016 г. распространенность СДС в РФ составила: СД 1 типа (СД1) – 4,7%, СД 2 типа (СД2) – 1,9% [1]. Ампутации у лиц с СД проводятся в 10–20 раз чаще в сравнении с не страдающими этим заболеванием [2]. Стоимость лечения пациентов с СДС в 5,4 раза выше в течение года первого случая и в 2,6 раза выше в год второго случая заболевания по сравнению со стоимостью лечения лиц с диабетом без СДС [3]. Важнейшим фактором риска развития этого синдрома, а также необходимым условием развития нейроартропатии Шарко является диабетическая дистальная полинейропатия (ДДПН) [2].

Точная распространенность ДДПН неизвестна; в атласе IDF (International Diabetes Federation) лишь в 2017 г. представлена распространенность периферической нейропатии в диапазоне 16–66% [2]. В РФ диабетическая нейропатия регистрировалась у 33,6% пациентов с СД1 и 18,6% пациентов с СД2. Показатели частоты нейропатии варьировали при СД1 в диапазоне от 0,1% (республика Кабардино-Балкария) до 67,2% (Тамбовская обл.); при СД2 – от 0,1% (республика Кабардино-Балкария) до 42,4% (Курская обл.). Однако реальная распространенность осложнений СД превышает регистрируемую, а значительная их доля (85–90%) приходится на ранние стадии [4].

Данные по эпидемиологии ДДПН различаются в зависимости от диагностических критериев и наличия клинических проявлений. В случае быстро развивающегося поражения нервных волокон (НВ) чаще регистрируются «положительные» симптомы – субъективные жалобы пациентов на онемение, колющие или режущие боли, парестезии (покалывание, жжение, «мурашки»). Под «отрицательными» симптомами понимают признаки неврологического «дефицита» (дистальное симметричное снижение чувствительности и/или явное ослабление/отсутствие ахилловых рефлексов). Зачастую объективные клинические исследования не проводятся долгие годы при отсутствии жалоб. В ряде случаев диагноз устанавливается только при развитии язвы стопы [5, 6].

ДДПН достоверно связана с уровнем гликемии [7], ростом [8], массой тела, курением [9], уровнями артериального давления (АД) и липидов [10]. Существуют доказательства присутствия ДДПН, особенно нейропатии малого калибра НВ, у 10–30% пациентов с нарушенной толерантностью к глюкозе [11–12] и метаболическим синдромом [13].

Актуальным является вопрос ранней диагностики ДДПН, когда повреждение периферических нервов носит обратимый характер. В настоящее время дискутируются информативность и доступность объективного неинвазивного инструмента диагностики субклинической нейропатии. Использование для оценки малых волокон биопсии кожи и конфокальной микроскопии роговицы (КМР) в клинической практике крайне ограничено. В качестве альтернативы нами обоснованы [14–16] и в данной статье проанализированы возможности электронейромиографии (ЭНМГ).

## ЦЕЛЬ

Оценить возможности ранней диагностики ДДПН методом ЭНМГ.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено наблюдательное одноцентровое выборочное по типу селективного скрининга кросс-секционное клиническое исследование по типу случай-контроль (по обращаемости).

### Критерии соответствия

В исследование включены лица старше 18 лет без клинических симптомов и признаков дистальной полинейропатии (ДПН) с СД2 и без нарушений углеводного обмена (НУО), подписавшие информированное согласие. Исключались лица с другими типами СД и предиабетом, наличием нейропатических симптомов по шкале нейропатического симптоматического счета (Neuropathy Symptomatic Score – NSS) и признаков ДПН ( $\geq 5$  баллов по шкале нейропатического дисфункционального счета (НДС)) иного генеза и причин ее возникновения (вредных условий труда: контакт с тяжелыми металлами, токсическим производством, вибрацией); перенесшие опе-

рации на позвоночнике, переломы позвонков и нижних конечностей, с заболеваниями центральной нервной системы, психическими нарушениями, острой сердечно-сосудистой патологией, наличием кардиостимулятора, ишемией нижних конечностей, дефектами кожи в месте проводимого исследования и отеками на ногах.

#### Условия проведения

Обследование проводилось на базе ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна». Набор в исследование осуществлялся в условиях стационара лиц, поступающих в отделения травматологии и ортопедии с целью хирургического лечения патологии верхних конечностей, а также амбулаторно на приеме врача-эндокринолога.

#### Продолжительность исследования

Набор материала продолжался в период с 2016 по 2018 гг.

#### Описание медицинского вмешательства

Всем обследуемым проведено анкетирование, где фиксировались социально-демографические и анamnестические данные, позволяющие оценить критерии соответствия.

Осмотр нижних конечностей включал: оценку цвета, влажности, целостности кожных покровов, наличие гиперкератоза, отеков, анатомических изменений в мышцах, язвенные дефекты ног, деформации костей.

Проведена антропометрия: измерение роста проводили стоя, без верхней одежды и обуви, на стандартном ростомере с точностью 0,5 см; массу тела определяли без верхней одежды и обуви, на стандартных рычажных весах, прошедших метрологический контроль (точность измерения составляла 0,1 кг). В качестве индикатора заболеваний периферических артерий измеряли лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ).

Для биохимического исследования глюкозы плазмы крови натощак (ГПКН) и гликированного гемоглобина (HbA<sub>1c</sub>) кровь брали натощак из локтевой вены вакутейнером в положении сидя.

Оценка симптомов и признаков ДПН проводилась по шкалам НДС и NSS [15, 17, 18].

Перед проведением ЭНМГ за 2 сут отменялись препараты, влияющие на нервную проводимость (миорелаксанты – блокируют передачу импульса с нерва на мышцу). Заблаговременно советовали удалить гиперкератоз [19]. В течение 3 ч перед исследованием рекомендовалось не курить, не употреблять в пищу продукты, содержащие кофеин и психостимулирующие медикаменты, – эти вещества стимулируют центральную нервную систему, что может исказить результаты исследования.

Измерение температуры кожи проводили в двух точках: на подошвенной поверхности большого пальца и середине стопы на каждой ноге. При сниженной температуре стоп (менее 28 °С) тыльную и подошвенную поверхность стоп согревали двумя медицинскими резиновыми грелками температурой 37 °С (измеренной инфракрасным термометром), накладывая их на 2–5 минут до достижения температуры указанных поверхностей более 28–30 °С с разницей на обеих ногах не более 1 °С.

ЭНМГ проводили в кабинете функциональной диагностики ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна» с оценкой

проводимости по нервам, которые включены в базовую методику проведения ЭНМГ [19]: большеберцовому (n. tibialis), малоберцовому (n. peroneus), глубокому малоберцовому (n. peroneus profundus), икроножному (n. suralis). В исследование электропроводимости были включены два дополнительных нерва, преимущественно иннервирующих подошвенную поверхность стопы: подошвенный медиальный и латеральный нервы (n. plantaris medialis et lateralis).

#### Основной исход исследования

По данным ЭНМГ-исследования изучена частота ДДПН у лиц с СД2 без симптомов и признаков нейропатии; оценен вклад дополнительных нервов (n. plantaris lateralis et n. plantaris medialis) в раннюю диагностику ДДПН у всех лиц с СД2 и в подгруппах (с сенсорной, сенсомоторной, моторной ДДПН), также в контрольной группе (КГ) и у молодых здоровых добровольцев. Выявлен наиболее чувствительный способ ранней диагностики ДДПН.

#### Дополнительные исходы исследования

Выполнен анализ ассоциаций ЭНМГ-признаков ДДПН с длительностью СД2, антропометрическими (ИМТ) и биохимическими (ГПКН, HbA<sub>1c</sub>) показателями.

#### Анализ в подгруппах

Обследованные были разделены на подгруппы в соответствии с типом ДДПН по результатам ЭНМГ (с признаками сенсорной, сенсомоторной, моторной нейропатии), которым дана сравнительная характеристика по возрасту, длительности СД2, ИМТ, биохимическим показателям (ГПКН, HbA<sub>1c</sub>).

#### Методы регистрации исходов

Для регистрации основных и дополнительных исходов исследования проведено вычисление ИМТ по формуле: ИМТ (кг/м<sup>2</sup>) = масса тела (кг)/рост<sup>2</sup> (м<sup>2</sup>).

ЛПИ измеряли в положении обследуемого лежа на спине тонометром OMRON M2 Basic (Omron, Япония) с универсальной манжетой 22–42 см. Подсчет ЛПИ осуществляли по формуле: ЛПИ = систолическое АД на артериях лодыжки/систолическое АД на плече. Значения 0,91–1,30 считались нормальными. Лица со значениями менее 0,91 и более 1,30 исключались из исследования.

Биохимическое исследование крови выполнено в лаборатории клинической биохимии ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна», имеющей стандартизацию по федеральному контролю качества. Уровни ГПКН и HbA<sub>1c</sub> определяли на автоанализаторе COBAS INTEGRA 400 plus (Roche, Германия).

Оценка симптомов нейропатии проводилась по шкале NSS [17]. Неврологический дефицит фиксировали согласно шкале НДС [15] с помощью неврологического инструментария: монофиламент 10 г, тестер «тип-терм», градуированный камертон 128 Гц, неврологическая игла и молоточек с оценкой нарушения различных видов чувствительности (болевого, температурной, тактильной, вибрационной) и изменений сухожильных рефлексов. Чувствительность определяли согласно руководству для врачей «Неврологический статус и его интерпретация» [18]. Измерение температуры кожи проводили при помощи инфракрасного термометра WF-5000 (B.Well, Великобритания).

**Таблица 1.** Характеристика лиц с сахарным диабетом 2 типа и контрольной группы

Показатели	Лица с СД2 (n=30)	Контрольная группа (n=30)	P
Мужчины, n (%)	9 (30%)	6 (20%)	0,371
Женщины, n (%)	21 (70%)	24 (80%)	0,371
Возраст, лет	66,5 [60,3; 69,0]	63,0 [60,3; 69,0]	0,491
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	30,8 [28,0; 33,4]	29,1 [27,5; 34,9]	0,544
Длительность СД2, лет	1,5 [0,5; 4,25]	-	-
ГПКН, ммоль/л	6,8 [6,1; 8,1]	-	-
HbA <sub>1c</sub> , %	6,8 [6,4; 7,4]	-	-

Примечания: СД2 – сахарный диабет 2 типа, ИМТ – индекс массы тела, ГПКН – глюкоза плазмы крови натощак, HbA<sub>1c</sub> – гликированный гемоглобин. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха Me [Q1; Q3] либо в виде абсолютных и относительных показателей.

**Таблица 2.** Частота нарушения проведения по обследованным нервам у лиц с сахарным диабетом 2 типа (n=30) в зависимости от типа нейропатии по результатам электронейромиографии, n (%)

Нервы	Сенсорная ДДПН, n=12	Сенсомоторная ДДПН, n=13	Моторная, ДДПН n=1
Сенсорные нервные волокна			
Латеральный подошвенный	10 (83,3)	8 (61,5)	-
Медиальный подошвенный	10 (83,3)	5 (38,5)	-
Икроножный	7 (58,3)	6 (46,2)	-
Глубокий малоберцовый	3 (25,0)	8 (61,5)	-
Моторные нервные волокна			
Большеберцовый	-	12 (92,3)	-
Малоберцовый	-	13 (100,0)	1 (100%)
Радикулопатия	5 (41,7)	8 (61,5)	-

Примечания: ДДПН - диабетическая дистальная полинейропатия.

ЭНМГ осуществляли на отечественном аппарате «Нейрософт МВП-4» («Нейрософт»©, Иваново, Россия) с оценкой проводимости по нервам, которые включены в базовую методику ЭНМГ [19, 20], и дополнительным нервам, иннервирующим подошвенную поверхность стопы (n. plantaris medialis et lateralis). Регистрировали: амплитуды моторных и сенсорных ответов для определения повреждения аксона, скорости распространения возбуждения (СРВ) по двигательным и чувствительным волокнам, латентности (для двигательных НВ определялись терминальная и резидуальная латентность). Дополнительно с целью исключения радикулопатии исследовали F-волну, Н-рефлекс. Для интерпретации данных ЭНМГ использовались референсные значения, загруженные в программное обеспечение электронейромиографа «Нейрософт МВП – 4», близкие по своим показателям к данным J. Kimura (New York, Oxford University) и С.Г. Николаева [20–22]. Для постановки диагноза ДПН использовался критерий, предложенный P.J. Dyck et al., при котором ДПН устанавливалась, если 1 и более показателей нервной проводимости (СРВ, амплитуды сенсорных и моторных ответов, латентности) в 2 нервах не соответствовали нормальным значениям [23].

#### Этическая экспертиза

Исследование одобрено Этическим комитетом ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» (Протокол № 003/16-2 от 12 января 2016 г.).

#### Статистическая обработка

**Принципы расчета размера выборки:** предварительный расчет размера выборки основан на определении минимального объема выборки и проведен по первичной точке исследования с мощностью 80% и с уровнем значимости 5%.

#### Методы статистического анализа данных

Статистический анализ материала проводился с использованием программ Microsoft Office Excel 2010 и SPSS (v.13.0). Статистическую значимость различий средних показателей в двух группах оценивали по непараметрическому критерию Манна-Уитни. Для определения статистической значимости различий качественных признаков применяли метод Пирсона ( $\chi^2$ ). Полученные данные представлены как абсолютные и относительные величины (n, %), а также как Me (25%;75%), где Me – медиана (50%), 25%; 75% – межквартильный размах. Различия рассматривали как статистически значимые при  $p < 0,05$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

##### Объекты (участники) исследования

Обследована выборка жителей г. Новосибирска старше 18 лет без клинических симптомов и признаков ДПН, всего 80 человек (160 ног). В анализ включены данные 30 лиц с СД2 и 30 без НУО (НУО) (контрольная группа, КГ), сопоставимые по полу и возрасту (табл. 1), а также 20 молодых здоровых добровольцев 20–30 лет (28 [21; 30] лет).



**Таблица 3.** Частота нарушения проведения по обследованным нервам у лиц с сахарным диабетом 2 типа (n=30) и контрольной группы (n=30) по результатам электронейромиографии, n (%)

Нервы	Лица с СД2 (n=30)	Контрольная группа (n=30)	P
Сенсорные нервные волокна			
Латеральный подошвенный	18 (60,0)	6 (20,0)	0,002
справа	18 (60,0)	6 (20,0)	0,002
слева	18 (60,0)	6 (20,0)	0,002
Медиальный подошвенный	15 (50,0)	6 (20,0)	0,018
справа	15 (50,0)	6 (20,0)	0,018
слева	12 (40,0)	6 (20,0)	0,096
Икроножный	13 (43,3)	6 (20,0)	0,057
справа	13 (43,3)	6 (20,0)	0,057
слева	12 (40,0)	3 (10,0)	0,010
Глубокий малоберцовый	11 (36,7)	6 (20,0)	0,157
справа	10 (33,3)	6 (20,0)	0,248
слева	10 (33,3)	4 (13,3)	0,072
Моторные нервные волокна			
Большеберцовый	12 (40,0)	9 (30,0)	0,042
справа	11 (36,7)	9 (30,0)	0,586
слева	11 (36,7)	7 (23,3)	0,264
Малоберцовый	14 (46,7)	9 (30,0)	0,019
справа	12 (40,0)	9 (30,0)	0,420
слева	12 (40,0)	8 (26,7)	0,277
Радикулопатия	13 (43,3)	9 (30,0)	0,288

Примечания: СД2 – сахарный диабет 2 типа.

#### Основные результаты исследования

При анализе данных в группе с СД2 по показателям ЭНМГ выявлена ДДПН у 26 (86,7%) лиц, и только у 4 (13,3%) признаков ДДПН не обнаружено. Среди 26 лиц с ДДПН у 43,3% выявлена ДДПН без признаков радикулопатии и у 43,3% выявлены ЭНМГ-признаки нейропатии и радикулопатии. В КГ нейропатия выявлена у 9 (30%) в сочетании с радикулопатией. В подгруппе молодых добровольцев признаков нейропатии не обнаружено.

Лица с СД2 были разделены на три подгруппы в зависимости от типа выявленной по данным ЭНМГ нейропатии: сенсорной, сенсомоторной и моторной. Сенсорная ДДПН определена у 12 лиц (40%). В 75% случаев (n=9) выявлен аксонопатический тип снижения проведения. Сенсомоторная нейропатия диагностирована у 13 (43,3%) лиц. В 46,2% случаев (n=6) отмечался сочетанный тип повреждения нервов преимущественно симметрично – справа и слева. У 1 пациента (3,3%) из подгруппы с СД2 выявлена моторная ДДПН по правому малоберцовому нерву по аксонопатическому типу (табл. 2).

В результате анализа показателей ЭНМГ у лиц с СД2 преобладали нарушения проводимости по чувствительным волокнам, латерального подошвенного нерва – у 18 (60%) и медиального подошвенного нерва – у 15 (50%). В КГ из 30 лиц у 9 (30%) по данным ЭНМГ выявлены признаки сенсомоторной ДПН в сочетании с радикулопатией L5-S2 (табл. 3).

При сравнении обследованных с СД2 и КГ по данным ЭНМГ значимо чаще при диабете поражались сенсорные волокна латерального (p=0,002) и медиального (p=0,018) подошвенных нервов слева и справа. Также при СД2 чаще (p=0,002) встречался аксонопатический тип снижения проведения: соответственно 53,3% (n=16) и 13,3% (n=4) случаев. У 9 обследованных без НУО и 13 пациентов с СД2 определена радикулопатия (p=0,288) (см. табл. 3). Вероятно, признаки сенсомоторной нейропатии, полученные в КГ, связаны с поясничной радикулопатией, так как во всех случаях было диагностировано повреждение спинномозговых корешков на пояснично-крестцовом уровне.

При оценке средних показателей ЭНМГ по сенсорным волокнам исследуемых нервов у лиц с СД2 ЭНМГ-показатели амплитуды по латеральному подошвенному нерву и медиальному подошвенному нерву слева, СВВ по медиальному подошвенному нерву слева, икроножному нерву и справа и слева были ниже, чем у лиц без СД, а показатели латентности по латеральному и медиальному подошвенным нервам справа, и слева, по икроножному нерву слева, глубокому малоберцовому нерву справа были выше, чем в КГ (табл. 4). Полученные показатели снижения амплитуды по подошвенным нервам свидетельствуют о начальных проявлениях ДДПН, а более высокие значения латентности – о нарушении проведения по терминалям аксонов.

В связи с тем, что выявленная радикулопатия нарушает чистоту исследования и препятствует определению роли

**Таблица 4.** Электронейромиографические параметры у лиц с сахарным диабетом 2 типа и без нарушений углеводного обмена

Параметры	Лица с СД2 (n=30)		Контрольная группа (n=30)		P <sub>пр</sub>	P <sub>лев</sub>
	справа	слева	справа	слева		
Латеральный подошвенный нерв						
Амплитуда, мВ	0,5 [0,4;0,8]	0,6 [0,35;1,1]	0,9 [0,6;2,1]	0,9 [0,6;1,5]	0,007	0,042
CPB, м/с	56,3 [41,9;69,6]	61,5 [46,3;71,5]	58,5 [55,8;68]	68,2 [58,7;68,2]	0,159	0,207
Латентность, м/с	3,9 [3,4;5,1]	3,6 [3,0;4,6]	2,8 [2,4;2,9]	2,7 [2,2;2,8]	0,001	0,001
Медиальный подошвенный нерв						
Амплитуда, мВ	0,6 [0,3;0,9]	0,6 [0,3;1,1]	0,9 [0,9;1,5]	0,9 [0,6;1,0]	0,018	0,864
CPB, м/с	55,3 [48,1;64,9]	55,0 [47,5;62,9]	64,6 [59,9;72,3]	69,6 [68,2;77,8]	0,055	0,002
Латентность, м/с	3,7 [3,2;4,7]	3,9 [3,2;4,7]	2,4 [2,0;2,6]	2,2 [2,0;2,6]	0,001	0,001
Икроножный нерв						
Амплитуда, мВ	1,5 [0,9;2,2]	1,9 [0,8;3,0]	1,9 [0,5;2,2]	1,9 [1,1;3,2]	0,788	0,707
CPB, м/с	50,4 [44,5;55,2]	52,5 [42,6;55,4]	56,7 [54,0;61,3]	64,6 [54,0;66,7]	0,021	0,004
Латентность, м/с	2,38 [2,06;2,8]	2,38 [2,17;2,86]	2,22 [2,06;2,38]	2,01 [1,85;2,22]	0,194	0,009
Глубокий малоберцовый нерв						
Амплитуда, мВ	0,6 [0,3;0,8]	0,5 [0,2;0,8]	1,1 [0,9;1,5]	1,1 [0,8;1,5]	0,936	0,667
CPB, м/с	49,7 [49,3;51,1]	49,7 [43,9;57,3]	55,6 [48,3;61,5]	54,8 [43,6;61,8]	0,051	0,609
Латентность, м/с	2,01 [1,96;2,28]	2,01 [1,75;3,0]	1,8 [1,59;2,01]	1,91 [1,64;2,28]	0,030	0,713

Примечания: СД2 – сахарный диабет 2 типа, CPB – скорость распространения возбуждения. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха Me [Q1; Q3].

**Таблица 5.** Частота нарушения проведения по нервам у лиц с сахарным диабетом 2 типа (n=30) без признаков радикулопатии (результаты электронейромиографии), n (%)

Нервы	Лица с СД2 (n=17)
Сенсорные нервные волокна	
Латеральный подошвенный	10 (58,8)
справа	10 (58,8)
слева	10 (58,8)
Медиальный подошвенный	8 (47,1)
справа	8 (47,1)
слева	7 (41,2)
Икроножный	8 (47,1)
справа	8 (47,1)
слева	7 (41,2)
Глубокий малоберцовый	4 (23,5)
справа	4 (23,5)
слева	4 (23,5)
Моторные нервные волокна	
Большеберцовый	4 (23,5)
справа	4 (23,5)
слева	4 (23,5)
Малоберцовый	5 (29,4)
справа	5 (29,4)
слева	4 (23,5)

Примечания: СД2 – сахарный диабет 2 типа.

медиального и латерального подошвенных нервов в ранней диагностике ДДПН, было проведено дополнительное обследование 20 молодых условно здоровых добровольцев (28 [21; 30] лет) без симптомов и признаков ДПН и НУО. Ни у одного человека из этой группы по данным ЭНМГ не установлено признаков нарушения проведения, свидетельствующих о дистальной нейропатии и радикулопатии. Также мы провели второй этап анализа, на котором исключили лиц с радикулопатией; всего во второй этап исследования вошли 17 лиц с СД2 и 21 – без НУО.

Частота нарушения проведения по сенсорным нервам у лиц без ЭНМГ-признаков радикулопатии в подгруппе с СД2 представлена в табл. 5. Среди лиц с СД2 преобладали нарушения проведения по латеральному, медиальному и икроножному нервам справа и слева. У лиц без СД (n=21) по данным ЭНМГ нейропатии не выявлено.

При сравнении средних значений ЭНМГ-показателей сенсорных нервных волокон у лиц с СД2 по латеральному и медиальному подошвенным нервам значения амплитуды были ниже, а латентности – выше, чем в контрольной группе. CPB по медиальному подошвенному нерву слева была ниже у лиц с СД2, чем у лиц без диабета. По икроножному нерву показатели CPB ниже, а латентности – выше в сравнении с лицами без СД. По глубокому малоберцовому нерву различий в КГ и группе с СД2 не выявлено (табл. 6).

#### Дополнительные результаты исследования

У лиц с СД2 и сенсомоторной ДДПН ИМТ был выше (p=0,05), также отмечалась тенденция к более высокому уровню HbA<sub>1c</sub> (p=0,077) в сравнении с лицами с СД2 и сенсорной нейропатией. Различий по возрасту, ГПКН, длительности СД2 не выявлено.

**Таблица 6.** Электронейромиографические параметры у лиц без радикулопатии в подгруппе с сахарным диабетом 2 типа и без нарушений углеводного обмена

Параметры	Лица с СД2 (n=17)		Контрольная группа (n=21)		P <sub>пр</sub>	P <sub>лев</sub>
	справа	слева	справа	слева		
Латеральный подошвенный нерв						
Амплитуда, мВ	0,7 [0,5; 1,25]	0,7 [0,6; 1,1]	1,2 [0,8; 1,8]	1,5 [0,8; 2,3]	0,085	0,047
СРВ, м/с	54,0 [42,8; 67,8]	58,1 [46,3; 63,0]	60,0 [62,6; 76,4]	61,5 [58,9; 72,0]	0,057	0,052
Латентность, м/с	3,8 [3,5; 4,9]	4,2 [3,5; 4,7]	2,5 [2,2; 2,7]	2,6 [2,2; 2,7]	0,001	0,003
Медиальный подошвенный нерв						
Амплитуда, мВ	0,6 [0,5; 1,1]	0,7 [0,5; 1,0]	1,3 [1,1; 1,7]	1,1 [0,9; 1,3]	0,046	0,091
СРВ, м/с	53,1 [48,2; 66,1]	54,6 [49,3; 63,4]	68,5 [64,6; 76,7]	73,0 [70,4; 81,9]	0,057	0,005
Латентность, м/с	3,5 [2,8; 4,4]	3,4 [3,1; 4,6]	2,4 [1,9; 2,5]	2,1 [1,9; 2,3]	0,012	0,010
Икроножный нерв						
Амплитуда, мВ	2,1 [1,34; 3,35]	2,3 [0,8; 2,25]	2,3 [1,5; 2,6]	2,7 [1,4; 3,15]	0,948	0,497
СРВ, м/с	50,4 [45,0; 56,4]	52,7 [45,0; 55,6]	60,9 [57,7; 61,5]	64,8 [64,8; 66,2]	0,017	0,011
Латентность, м/с	2,35 [2,1; 2,8]	2,28 [2,2; 2,8]	2,04 [1,9; 2,1]	1,85 [1,81; 1,97]	0,041	0,004
Глубокий малоберцовый нерв						
Амплитуда, мВ	1,6 [1,5; 1,8]	1,7 [1,5; 1,9]	1,9 [1,5; 2,1]	2,1 [1,9; 2,4]	0,466	0,728
СРВ, м/с	47,6 [42,5; 58,6]	51,4 [44,3; 63,3]	59,1 [51,3; 62,0]	57,1 [43,3; 61,3]	0,169	0,506
Латентность, м/с	3,1 [2,7; 4,4]	3,0 [2,59; 4,26]	2,69 [2,6; 2,9]	2,91 [2,7; 3,3]	0,149	0,428

Примечания: СД2 – сахарный диабет 2 типа, СРВ – скорость распространения возбуждения. Данные представлены в виде Ме [Q1; Q3].

#### Нежелательные явления

Нежелательные явления в ходе проведения исследования не выявлены.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

##### Резюме основного результата исследования

В исследованной выборке лиц с СД2 при помощи ЭНМГ выявлена высокая частота ДДПН (86,7%), при этом наиболее часто поражались дополнительно обследованные медиальный и латеральный подошвенные нервы ( $p=0,018$  и  $p=0,002$  соответственно). ЭНМГ-показатели, свидетельствующие о ДДПН: латентность, амплитуда и СРВ для 3 сенсорных (*n. plantaris lateralis*, *n. plantaris medialis*, *n. suralis*) и 2 моторных нервов (*n. peroneus*, *n. tibialis*) – были значимо хуже у лиц с СД2, чем в КГ, как у обследованных с радикулопатией, так и без нее. Лица с СД2 и сенсомоторной ДДПН имели большую длительность СД2 ( $p=0,503$ ), выше уровни  $HbA_{1c}$  ( $p=0,077$ ) и ИМТ ( $p=0,050$ ) в сравнении с обследованными с сенсорной нейропатией, не достигая статистической значимости.

##### Обсуждение основного результата исследования

Электродиагностические исследования являются чувствительными, специфическими и проверенными мерами наличия полинейропатии [15]. Помимо возможностей ЭНМГ в верификации ДДПН, отмеченных в основополагающих работах прошлых лет [24], показано, что метод позволяет выявить ДДПН на субклинической стадии. Единичные современные отечественные публикации [25] подтверждают эту возможность. Результаты проведенного нами исследования согласуются с данны-

ми литературы. Однако в настоящее время существуют разные представления о выборе нервов для диагностики бессимптомной нейропатии, отражая отсутствие стандартизации проведения ЭНМГ [13].

Ряд авторов утверждают, что диагноз ДДПН требует применения стимуляционного воздействия по крайней мере на два нерва, один из которых должен быть икроножным [26]. Другие авторы полагают, что для исследования необходимо оценивать 3–4 нерва [27]. Высказано мнение о приемлемости одностороннего исследования, учитывая симметричный характер состояния [28]. В этом случае предлагают проводить одностороннюю оценку двигательных реакций малоберцового, большеберцового и срединного нервов, сенсорных ответов икроножного и срединного нервов и F-волны большеберцового нерва; также могут быть проверены моторные и сенсорные реакции локтевого нерва [29]. В нашем исследовании для проведения ЭНМГ нижних конечностей было выбрано 2 двигательных (*n. tibialis*, *n. peroneus*) и 4 чувствительных нерва (*n. peroneus profundus*, *n. suralis*, *n. plantaris medialis et lateralis*) справа и слева. В современных основных рекомендациях: IDF (2017) [5], Российских алгоритмах специализированной медицинской помощи больным СД [17] нет четкого руководства по проведению ЭНМГ.

Известно, что при СД повреждаются преимущественно малые НВ, дегенеративные изменения начинаются в дистальной части аксона, постепенно распространяясь в проксимальном направлении (ретроградная дегенерация); в первую очередь повреждаются самые длинные аксоны, именно поэтому первые симптомы появляются на стопах, далее распространяясь выше до уровня лодыжки, голени и т.д. [28]. Следовательно, с целью ранней диагностики ДДПН, когда клинических признаков нейропатии

еще нет, целесообразно исследовать нервы, волокна которых иннервируют кожу стоп. Зона иннервации стала главной причиной включения в настоящее ЭНМГ-исследование двух дополнительных нервов: медиального подошвенного нерва, волокна которого иннервируют подошву и подошвенную поверхность I–IV пальцев с переходом на тыльную поверхность концевой фаланги I пальца стопы, и латерального подошвенного нерва, иннервирующего подошву и подошвенную поверхность пальцев с переходом на тыльную поверхность концевых фаланг и V пальца стопы [20]. Данные нервы не входят в базовую методику обследования. Она ограничивается исследованием проведения по двум чувствительным нервам: икроножному, волокна которого иннервируют наружный край стопы, и малоберцовому, чувствительные волокна которого иннервируют кожу тыльной поверхности между I–II пальцами стопы, а также 2 двигательным: большеберцовому и малоберцовому нервам [19]. В настоящем исследовании у лиц с СД2 без симптомов и признаков ДДПН в сравнении с КГ значимо поражаются сенсорные волокна латерального ( $p=0,002$ ) и медиального ( $p=0,018$ ) подошвенных нервов.

Однако, несмотря на возможности ЭНМГ в верификации ДДПН на ранней стадии, в мировом медицинском сообществе отсутствует консенсус по использованию этого метода диагностики. В рекомендациях Американской диабетической ассоциации (ADA) (2017) по ведению пациентов с ДДПН отмечено, что электрофизиологическое тестирование или направление к неврологу редко необходимы для скрининга, за исключением ситуаций, когда клинические признаки нетипичны, диагноз неясен или существует подозрение на нейропатию другой этиологии. Атипичные особенности включают моторную нейропатию, быстрое начало или асимметричное течение [30]. При этом ранее (2005) в совместном заявлении Американской академии неврологии, Американской ассоциации электродиагностической медицины и Американской академии физической медицины и реабилитации (Report of the American Academy of Neurology, the American Association of Electrodiagnostic Medicine, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation) [31] относительно диагностики ДДПН указано, что ЭНМГ-исследование неинвазивно, обеспечивает высокочувствительное измерение функционального состояния сенсорных и моторных НВ. ЭНМГ также широко применяют для изучения популяции или продольных оценок. Включение ЭНМГ в оценку полинейропатии выводит ее диагностику на более высокий уровень специфичности [32].

Отметим, что в основе рекомендаций клинической неврологии [30] лежит, по сути, протокол исследования симметричной нейропатии Американской ассоциации электродиагностической медицины [32], включающий одностороннее исследование икроножного, локтевого и медиального сенсорных нервов, а также малоберцового, большеберцового, срединного и локтевого моторных нервов с определением F-волны [28, 29, 32]. Оценка других нервов может быть необходимой в определенных клинических случаях. Минимальный критерий для электродиагностического подтверждения дистальной симметричной полинейропатии представляет собой аномалию ( $\geq 99$  или  $\leq 1$ -ю перцентиль) любого признака нервной проводимости в двух отдельных нервах, одним из которых

обязательно должен быть икроножный [32]. Мы не нашли в литературных источниках (Pubmed, Google scholar) за последние 10 лет данных об исследовании при помощи ЭНМГ медиального и латерального подошвенных нервов с целью ранней диагностики ДДПН, однако эти параметры рекомендованы в Атласах по ЭНМГ и в программе аппарата «Нейрософт НВП-4» [19]. Возможно, подобная ситуация связана со сложностями получения необходимых графиков по ЭНМГ для верификации нарушения проведения. Вероятно, отсутствие свежих литературных данных обусловлено малым интересом к ЭНМГ, низкой осведомленностью эндокринологов и электрофизиологов о возможностях дополнительных параметров ЭНМГ, отсутствием временного ресурса при проведении исследования. При проведении ЭНМГ должны учитываться следующие переменные: температура кожи, возраст, рост, пол и вес. Эти параметры очень важны, поскольку, несмотря на объективность метода, точность его результатов зависит от внешних факторов: анатомических и функциональных изменений ног, отмеченных выше в описании методики ЭНМГ. Особое значение имеет температура тела исследуемого (так, при снижении температуры менее референсных значений на  $1^\circ\text{C}$  изменяется СРВ на 2,0–2,4 м/с) [19]. Также для точности диагностики ДДПН важны тщательная подготовка пациента к обследованию с исключением факторов, влияющих на результаты ЭНМГ (медикаменты, содержащие кофеин продукты, гиперкератоз для подошвенной локализации измерения), профессионализм врачей различного профиля и возможности прибора. В данной работе большое внимание было уделено устранению факторов, искажающих результаты исследования, для получения максимально достоверной информации о повреждении НВ.

В настоящее время нет универсального доступного метода ранней диагностики ДДПН. По мнению зарубежных и российских медицинских сообществ, наиболее предпочтительна ЭНМГ [17, 30], поскольку осуществляет количественную объективную оценку и локализацию повреждения НВ. Важность диагностики ДДПН при помощи ЭНМГ не вызывает сомнений. Исследование дополнительных нервов даст возможность более точно диагностировать ДДПН на субклинической стадии. В процессе исследования была расширена зона проведения ЭНМГ, дополнительно выбраны нервы, иннервирующие подошвенную поверхность стопы, что является принципиально важным для больных СД, ведь нейропатические язвы локализуются преимущественно именно там. Поэтому считаем необходимым для диагностики ранней стадии ДДПН дополнительно проводить исследование чувствительных нервов n. plantaris medialis, n. plantaris lateralis.

#### Ограничение исследования

Ограничениями данного исследования являются малый объем выборки, дизайн – выборочное по обращаемости в стационар, наличие сопутствующей неврологической патологии в группе лиц с СД2 и КГ.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании ЭНМГ для диагностики дистальной нейропатии признаки ее субклинической формы выявлены у 86,7% лиц с СД2 и 30% без СД ( $p=0,001$ ).



При сравнении лиц с СД2 и КГ значимо чаще при СД2 поражаются сенсорные волокна латерального ( $p=0,002$ ) и медиального ( $p=0,018$ ) подошвенных нервов, преимущественно по аксонопатическому типу ( $p=0,002$ ). Результаты проведенного исследования подтвердили эффективность и пригодность ЭНМГ в диагностике ДДПН на ранней (субклинической) стадии, а также позволили выбрать необходимые для этого оптимальные показатели ЭНМГ: оценку СРВ, амплитуды и латентности (резидуальной и терминальной для моторных волокон) n. peroneus, n. tibialis и 3 сенсорных нервов (n. plantaris lateralis, n. plantaris medialis, n. suralis). Полученные данные, вероятно, свидетельствуют о повреждении малых немиелинизированных С-волокон и Аδ-волокон. Лица с сенсомоторной ДДПН в сравнении с лицами с сенсорной нейропатией имели тенденцию к более высокому ИМТ, что может свидетельствовать о влиянии избыточной массы тела на развитие нейропатии и большей длительности СД, однако значимых различий не выявлено.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Настоящее исследование поддержано грантом «Умник» Фонда содействия инновациям И. Бортника, договор №10074ГУ/2015 от 11.05.2016 (код 0021182).

**Конфликт интересов.** Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

**Решение о выдаче патента.** Заявка на изобретение РФ № 2018116533 от 03.05.2018 «Способ диагностики диабетической дистальной нейропатии» Авторы: Е.С. Полторацкая (Мазуренко), Л.А. Руюткина, Е.В. Чешева, И.А. Пахомов. Решение о выдаче патента от 27.03.2019 г.

**Участие авторов.** Е.С. Мазуренко – идея, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, анализ полученных данных и написание текста статьи; Л.А. Руюткина – научное руководство проводимым исследованием, идея, концепция и дизайн исследования, анализ полученных данных, написание текста статьи и редактирование текста рукописи; И.А. Пахомов – научное руководство проводимым исследованием, анализ полученных данных, финальное редактирование текста рукописи; Е.В. Чешева – сбор материалов, проведение электронейромиографии; Л.О. Гаврилова – контроль качества проводимого исследования, редактирование текста. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность академику АМН, член-корреспонденту РАЕН А.М. Аронову за ценные советы при планировании исследования; руководству ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» в лице заместителя директора по научной работе д.м.н. И.А. Кириловой за предоставленную возможность осуществления исследования; старшему научному сотруднику «НИИТПМ – филиала ИЦиГ СО РАН» Л.В. Щербаковой за помощь в проведении статистического анализа данных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Галстян Г.Р., Викулова О.К., Исаков М.А., и др. Эпидемиология синдрома диабетической стопы и ампутаций нижних конечностей в Российской Федерации по данным Федерального регистра больных сахарным диабетом (2013–2016 гг.) // *Сахарный диабет*. – 2018. – Т. 21. – №3. – С. 170–177. [Galstyan GR, Vikulova OK, Isakov MA, et al. Trends in the epidemiology of diabetic foot and lower limb amputations in Russian Federation according to the Federal Diabetes Register (2013–2016). *Diabetes mellitus*. 2018;21(3):170–177. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/DM9688>
2. International Diabetes Federation. *IDF atlas*. 8th ed. Brussels: IDF; 2017.
3. Driver VR, Fabbi M, Lavery LA, Gibbons G. The costs of diabetic foot: the economic case for the limb salvage team. *J Vasc Surg*. 2010;52(3 Suppl):17S–22S. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2010.06.003>
4. Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: клинико-статистический отчет по данным Федерального регистра сахарного диабета // *Сахарный диабет*. – 2017. – Т. 20. – №1. – С. 13–41. [Dedov II, Shestakova MV, Vikulova OK. Epidemiology of diabetes mellitus in Russian Federation: clinical and statistical report according to the federal diabetes registry. *Diabetes mellitus*. 2017;20(1):13–41. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/DM8664>
5. International Diabetes Federation. *Clinical Practice Recommendation on the Diabetic Foot: A guide for health care professionals*. Brussels: IDF; 2017.
6. Гурьева И.В., Онучина Ю.С. Современные подходы к определению, диагностике и классификации диабетической полинейропатии. Патогенетические аспекты лечения // *Consilium Medicum*. – 2016. — №12. – С. 103–109. [Gurieva IV, Onuchina YS. Modern approaches to the definition, classification and diagnosis of diabetic polyneuropathy. Pathogenetic aspects of treatment. *Consilium Medicum*. 2016;(12):103–109. (In Russ.)]
7. Biessels GJ, Bril V, Calcutt NA, et al. Phenotyping animal models of diabetic neuropathy: a consensus statement of the diabetic neuropathy study group of the EASD (Neurodiab). *J Peripher Nerv Syst*. 2014;19(2):77–87. doi: <https://doi.org/10.1111/jns5.12072>
8. Sosenko JM, Gadia MT, Fournier AM, et al. Body stature as a risk factor for diabetic sensory neuropathy. *The Am J Med*. 1986;80(6):1031–1034. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(86\)90661-3](https://doi.org/10.1016/0002-9343(86)90661-3)
9. Clair C, Cohen MJ, Eichler F, et al. The Effect of Cigarette Smoking on Diabetic Peripheral Neuropathy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Gen Intern Med*. 2015;30(8):1193–1203. doi: <https://doi.org/10.1007/s11606-015-3354-y>
10. Van Acker K, Bouhassira D, De Bacquer D, et al. Prevalence and impact on quality of life of peripheral neuropathy with or without neuropathic pain in type 1 and type 2 diabetic patients attending hospital outpatients clinics. *Diabetes Metab*. 2009;35(3):206–213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2008.11.004>
11. Smith AG, Singleton JR. Diabetic neuropathy. *Continuum (Minneapolis)*. 2012;18(1):60–84. doi: <https://doi.org/10.1212/01.CON.0000411568.34085.3e>
12. Asghar O, Petropoulos IN, Alam U, et al. Corneal confocal microscopy detects neuropathy in subjects with impaired glucose tolerance. *Diabetes Care*. 2014;37(9):2643–2646. doi: <https://doi.org/10.2337/dc14-0279>
13. Callaghan BC, Xia R, Banerjee M, et al. Metabolic Syndrome Components Are Associated With Symptomatic Polyneuropathy Independent of Glycemic Status. *Diabetes Care*. 2016;39(5):801–807. doi: <https://doi.org/10.2337/dc16-0081>
14. Руюткина Л.А., Полторацкая Е.С., Пахомов И.А., и др. Электронейромиография в диагностике ранних стадий диабетической нейропатии – приглашение к дискуссии эндокринологов, неврологов, электрофизиологов // *Медицинский совет*. – 2016. – №10. – С. 156–162. [Ruyatkina LA, Poltoratskaya ES, Pakhomov IA, et al. Electroneuromyography in the diagnosis of early stages of diabetic neuropathy is an invitation to the discussion of endocrinologists, neurologists, and electrophysiologists. *Meditsinskiy sovet*. 2016;(10):156–162. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-10-156-162>
15. Dyck PJ, Davies JL, Litchy WJ, O'Brien PC. Longitudinal assessment of diabetic polyneuropathy using a composite score in the Rochester Diabetic Neuropathy Study cohort. *Neurology*. 1997;49(1):229–239. doi: <https://doi.org/10.1212/wnl.49.1.229>
16. Tesfaye S, Boulton AJ, Dyck PJ, et al. Diabetic neuropathies: update on definitions, diagnostic criteria, estimation of severity, and treatments. *Diabetes Care*. 2010;33(10):2285–2293. doi: <https://doi.org/10.2337/dc10-1303>
17. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. / Под ред. Дедова И.И., Шестаковой М.В.,

- Майорова А.Ю. – 8-й выпуск // *Сахарный диабет*. – 2017. – Т. 20. – №15. – С. 1-121. [Dedov II, Shestakova MV, Mayorov AY, et al. Dedov II, Shestakova MV, Mayorov AY, editors. Standards of specialized diabetes care. 8th ed. *Diabetes mellitus*. 2017;20(15):1-121. (In Russ.)) doi: <https://doi.org/10.14341/DM8146>
18. Скоромец А.А. *Неврологический статус и его интерпретация: учебное руководство для врачей*. / Под ред. Дьяконова М.М. – М.: МЕДпресс-информ; 2009. [Skoromet's AA. *Dyakonov MM, editor. Nevrologicheskii status i ego interpretatsiya: a guide for physicians*. Moscow: MEDpress-inform; 2009. (In Russ.)]
  19. Николаев С.Г. *Методические указания. Проведение электронейромиографических исследований на миографах производства ООО «Нейрософт»*. – Иваново: Нейрософт; 2012. [Nikolaev SG. *Metodicheskie ukazaniya. Provedenie elektroneyromiograficheskikh issledovaniy na miografakh proizvodstva OOO «Neyrosoft»*. Ivanovo: Neyrosoft; 2012. (In Russ.)]
  20. Николаев С.Г. *Атлас по электромиографии*. – Иваново: ПресСт; 2015. [Nikolaev SG. *Atlas po elektromiografii*. Ivanovo: PresSt; 2015. (In Russ.)]
  21. Liveson JA. *Laboratory Reference for Clinical Neurophysiology*. New York: Oxford University Press; 1992.
  22. Kimura J. *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice*. 4th ed. New York: Oxford University Press; 2013.
  23. Dyck PJ, Albers JW, Andersen H, et al. Diabetic polyneuropathies: update on research definition, diagnostic criteria and estimation of severity. *Diabetes Metab Res Rev*. 2011;27(7):620-628. doi: <https://doi.org/10.1002/dmrr.1226>
  24. Celiker R, Basgoze O, Bayraktar M. Early detection of neurological involvement in diabetes mellitus. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1996;36(1):29-35.
  25. Владимиров С.М., Елсукова О.С. Роль электронейромиографии в ранней диагностике диабетической полинейропатии. / Сборник тезисов VII Всероссийского диабетологического конгресса «Сахарный диабет в XXI веке – время объединения усилий»; Москва, 24-28 февраля 2015 г. – М.: УП Принт, 2015. – С. 160. [Vladimirova SM, El'sukova OS. Rol' elektroneyromiografii v ranney diagnostike diabeticheskoy polineyropatii. In: *Proceedings of the 7th Russian diabetology congress "Sakharnyy diabet v XXI veke – vremya obedineniya usilii"*; Moscow, 24-28 Feb 2015. Moscow: UP Print; 2015. p. 160. (In Russ.)]
  26. England JD, Gronseth GS, Franklin G, et al. Distal symmetric polyneuropathy: a definition for clinical research: report of the American Academy of Neurology, the American Association of Electrodiagnostic Medicine, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Neurology*. 2005;64(2):199-207. doi: <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000149522.32823.EA>
  27. *Болезни нервной системы: Руководство для врачей*. / Под ред. Яхно Н.Н., Штульмана Д.Р. – М.: Медицина; 2001. [Yakhno NN, Shtulman DR, editors. *Bolezni nervnoy sistemy: Rukovodstvo dlya vrachey*. Moscow: Meditsina; 2001. (In Russ.)]
  28. Perkins BA, Ngo M, Bril V. Symmetry of nerve conduction studies in different stages of diabetic polyneuropathy. *Muscle Nerve*. 2002;25(2):212-217.
  29. Perkins B, Bril V. Electrophysiologic testing in diabetic neuropathy. *Handb Clin Neurol*. 2014;126:235-248. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53480-4.00018-7>
  30. Pop-Busui R, Boulton AJ, Feldman EL, et al. Diabetic Neuropathy: A Position Statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2017;40(1):136-154. doi: <https://doi.org/10.2337/dc16-2042>
  31. England JD, Gronseth GS, Franklin G, et al. Distal symmetric polyneuropathy: a definition for clinical research: report of the American Academy of Neurology, the American Association of Electrodiagnostic Medicine, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Neurology*. 2005;64(2):199-207. doi: <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000149522.32823.EA>
  32. American Association of Electrodiagnostic Medicine. Guidelines in electrodiagnostic medicine. American Association of Electrodiagnostic Medicine. *Muscle Nerve*. 1992;15(2):229-253. doi: <https://doi.org/10.1002/mus.880150218>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]

\***Мазуренко Елена Сергеевна**, врач-эндокринолог, аспирант [**Elena S. Mazurenko**, MD, PhD student], адрес: Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17 [17 Frunze street, 630091, Novosibirsk, Russian Federation]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3351-1993>; eLibrary SPIN: 6027-1764; e-mail: [poltorackayaes@gmail.com](mailto:poltorackayaes@gmail.com)

**Руюткина Людмила Александровна**, д.м.н., профессор [Lyudmila A. Ruyatkina, MD, PhD, Professor]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6762-5238>; eLibrary SPIN: 1895-7664; e-mail: [larut@list.ru](mailto:larut@list.ru)

**Пахомов Игорь Анатольевич**, д.м.н. [Igor A. Pakhomov, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3121-8980>; eLibrary SPIN: 1913-7168; e-mail: [pahomovigor@inbox.ru](mailto:pahomovigor@inbox.ru)

**Чешева Елена Владимировна**, врач функциональной диагностики [Elena V. Chesheva, MD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3786-8319>; eLibrary SPIN: 3339-4710; e-mail: [magdalena75ru@gmail.com](mailto:magdalena75ru@gmail.com)

**Гаврилова Лариса Олеговна**, к.м.н. [Larisa O. Gavrilova, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6429-1674>; eLibrary SPIN: 6893-4117; e-mail: [gavrilova.vella@gmail.com](mailto:gavrilova.vella@gmail.com)

## ЦИТИРОВАТЬ:

Мазуренко Е.С., Руюткина Л.А., Пахомов И.А., Чешева Е.В., Гаврилова Л.О. Ранняя диагностика диабетической дистальной полинейропатии с помощью электронейромиографии // *Сахарный диабет*. — 2019. — Т. 22. — №2. — С. 141-150. doi: [10.14341/DM9830](https://doi.org/10.14341/DM9830)

## TO CITE THIS ARTICLE:

Mazurenko ES, Ruyatkina LA, Pakhomov IA, Chesheva EV, Gavrilova LO. Electroneuromyography for early diagnosis of diabetic distal polyneuropathy. *Diabetes Mellitus*. 2019;22(2):141-150. doi: [10.14341/DM9830](https://doi.org/10.14341/DM9830)