

ВНУТРЕННИЕ БОЛЕЗНИ/INTERNAL DISEASES

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.20>

EDN: ZPAPET

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ TIP-TERM КАК МЕТОД РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ КАРДИОВАСКУЛЯРНОЙ АВТОНОМНОЙ НЕЙРОПАТИИ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2 ТИПА

Научная статья

Рыбаков А.О.¹, Околитенко М.С.², Зеленина Т.А.³, Сотников А.В.^{4*}, Салухов В.В.⁵¹ORCID : 0009-0000-7952-6643;²ORCID : 0009-0002-4011-1699;³ORCID : 0000-0001-6208-0972;⁴ORCID : 0000-0002-5913-9088;⁵ORCID : 0000-0003-1851-0941;^{1, 2, 3, 4, 5} Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (sotnikovav[at]inbox.ru)

Предложена: 30.06.2026; Принята: 22.07.2026; Опубликовано: 17.08.2026

Аннотация

Кардиоваскулярная автономная нейропатия (КАН) — одно из наиболее прогностически неблагоприятных осложнений сахарного диабета 2 типа (СД2), ассоциированное с высоким риском безболевой ишемии миокарда, внезапной сердечной смерти и бессимптомных гипогликемий. Ранняя диагностика КАН затруднена: эталонные методы дороги и инвазивны, а стандартные тесты фиксируют патологию лишь на выраженных стадиях. Балльная оценка температурной чувствительности прибором TIP-TERM предложена в качестве простого и неинвазивного скрининга поражения тонких нервных волокон, лежащего в основе КАН.

Цель: оценить диагностическую значимость балльной оценки температурной чувствительности TIP-TERM и установить оптимальное пороговое значение для выявления КАН у пациентов с СД2.

В проспективное когортное исследование включены 72 пациента с верифицированным СД2 (возраст 36–70 лет). Всем выполнена высокочастотная ультразвуковая доплерография (ВЧУДГ) с холодовой пробой для оценки вазомоторной реакции, по результатам которой пациенты разделены на группу с сохранной (n=36) и патологической (n=36) реакцией (диагностический критерий КАН). Температурную чувствительность определяли по детализированной балльной шкале TIP-TERM (0–5 баллов). Статистическую обработку проводили методом ROC-анализа с расчетом площади под кривой (AUC), чувствительности, специфичности и прогностических ценностей.

Медианный балл по шкале TIP-TERM в группе с патологической вазомоторной реакцией составил 4 [3;4] против 2 [1;2] в группе с нормальной реакцией (p<0,001). ROC-анализ показал высокую диагностическую эффективность метода: AUC 0,88 (95% ДИ 0,80–0,96). Оптимальное пороговое значение, определенное по индексу Юдена, — >2 баллов. При этом порого чувствительность составила 86,1% (95% ДИ 70,5–94,3%), специфичность — 80,6% (95% ДИ 64,0–91,2%), положительная прогностическая ценность — 81,6%, отрицательная прогностическая ценность — 85,3%.

Балльная оценка температурной чувствительности TIP-TERM с пороговым значением >2 баллов является высокоинформативным неинвазивным инструментом скрининга КАН у больных СД2. Обоснован двухэтапный диагностический алгоритм: при балле ≤2 пациент остается под наблюдением, при балле >2 требуется подтверждающая инструментальная диагностика (ВЧУДГ с холодовой пробой или кардиоваскулярные рефлексорные тесты).

Ключевые слова: сахарный диабет 2 типа, кардиоваскулярная автономная нейропатия, нейропатия тонких волокон, TIP-TERM, температурная чувствительность, скрининг.

EVALUATION OF TEMPERATURE SENSITIVITY USING TIP-TERM AS A METHOD FOR THE EARLY DIAGNOSIS OF CARDIOVASCULAR AUTONOMIC NEUROPATHY IN TYPE 2 DIABETES MELLITUS

Research article

Rybakov A.O.¹, Okolitenko M.S.², Zelenina T.A.³, Sotnikov A.V.^{4*}, Salukhov V.V.⁵¹ORCID : 0009-0000-7952-6643;²ORCID : 0009-0002-4011-1699;³ORCID : 0000-0001-6208-0972;⁴ORCID : 0000-0002-5913-9088;⁵ORCID : 0000-0003-1851-0941;^{1, 2, 3, 4, 5} Military medical academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (sotnikovav[at]inbox.ru)

Suggested: 30.06.2026; Accepted: 22.07.2026; Published: 17.08.2026

Abstract

Cardiovascular autonomic neuropathy (CAN) is one of the most prognostically unfavourable complications of type 2 diabetes mellitus (T2DM), associated with a high risk of painless myocardial ischaemia, sudden cardiac death and

asymptomatic hypoglycaemia. Early diagnosis of CAN is challenging: gold-standard methods are expensive and invasive, and standard tests only detect the condition at advanced stages. A scoring system for assessing temperature sensitivity using the TIP-TERM device has been suggested as a simple and non-invasive screening method for damage to small nerve fibres, which underlies CAN.

Objective: to evaluate the diagnostic significance of the TIP-TERM temperature sensitivity score and to determine the optimal threshold value for detecting CAN in patients with type 2 diabetes.

The prospective cohort study included 72 patients with confirmed type 2 diabetes (aged 36–70 years). All patients underwent high-frequency Doppler ultrasound (HFUD) with a cold test to assess vasomotor response; based on the results, patients were divided into a group with an intact ($n = 36$) and a group with an abnormal reaction ($n = 36$) (CAN diagnostic criterion). Temperature sensitivity was determined using the detailed TIP-TERM scoring scale (0–5 points). Statistical analysis was performed using ROC analysis, with calculation of the area under the curve (AUC), sensitivity, specificity and predictive values.

The median TIP-TERM score in the group with an abnormal vasomotor reaction was 4 [3;4], compared with 2 [1;2] in the group with a normal reaction ($p < 0.001$). ROC analysis demonstrated the method's high diagnostic performance: AUC 0.88 (95% CI 0.80–0.96). The optimal threshold value, determined using the Youden index, was >2 points. At this threshold, sensitivity was 86.1% (95% CI 70.5–94.3%), specificity was 80.6% (95% CI 64.0–91.2%), positive predictive value was 81.6%, and negative predictive value was 85.3%.

The TIP-TERM temperature sensitivity score, with a threshold value of >2 points, is a highly informative, non-invasive tool for screening for CAN in patients with type 2 diabetes. A two-stage diagnostic algorithm is recommended: if the score is ≤ 2 , the patient remains under observation; if the score is >2 , confirmatory diagnostic tests are required (ultrasound echocardiography with a cold test or cardiovascular reflex tests).

Keywords: type 2 diabetes, cardiovascular autonomic neuropathy, fine fibre neuropathy, TIP-TERM, temperature sensitivity, screening.

Введение

Сахарный диабет 2 типа (СД2) сохраняет статус одной из ведущих медико-социальных проблем: в Российской Федерации число зарегистрированных пациентов приближается к пяти миллионам [1], [2]. В спектре хронических осложнений диабета значимую долю занимает диабетическая нейропатия, охватывающая до половины больных [3]. Кардиоваскулярная автономная нейропатия (КАН) представляет собой наиболее угрожающую форму поражения тонких нервных волокон, возникающую вследствие повреждения симпатических и парасимпатических путей, обеспечивающих иннервацию сердца и сосудистого русла. Наличие КАН сопряжено с возрастанием общей смертности в 2–5 раз и тесно ассоциировано с безболевой ишемией миокарда, внезапной сердечной смертью, ортостатической гипотензией, а также — с бессимптомными гипогликемическими эпизодами [4].

Центральной проблемой остаётся позднее выявление КАН. общепризнанные эталонные методы верификации нейропатии тонких волокон, такие как биопсия кожи с определением плотности внутриэпидермальных нервных окончаний и количественное сенсорное тестирование, отличаются инвазивностью, высокой стоимостью и малой доступностью в широкой клинической практике [5]. Стандартные кардиоваскулярные рефлекторные пробы фиксируют нарушения преимущественно на выраженных стадиях патологического процесса, а клинические опросники и шкалы осмотра остаются субъективными и характеризуются низкой диагностической чувствительностью [6]. В связи с этим поиск простого, неинвазивного и количественного инструмента для первичного скрининга КАН приобретает особую актуальность.

Известно, что тонкие нервные волокна (слабомиелинизированные Аδ и немиелинизированные С-волокна) обеспечивают проведение холодовых и тепловых стимулов, причём их дисфункция нередко опережает вовлечение толстых миелинизированных волокон. Это создаёт патофизиологическую предпосылку для использования портативных термотестеров, таких как TIP-TERM (стержень с двумя концами, имеющими различную температуру), в качестве инструментов ранней диагностики автономной нейропатии, особенно на этапе, когда кардиоваскулярные рефлекторные тесты ещё не демонстрируют значимых отклонений [7].

Оценка температурной чувствительности прибором TIP-TERM позволяет в порядковом выражении (в баллах) определить степень сохранности холодового и теплового восприятия в различных анатомических зонах. В ранее проведённом нами исследовании впервые предложена детализированная балльная система TIP-TERM (0 — норма, 1 — основание пальцев, 2 — середина стопы, 3 — середина лодыжек, 4 — середина голени, 5 — уровень колена) как скрининговый инструмент диагностики нейропатии тонких волокон [8].

Цель исследования: оценить диагностическую значимость балльной оценки температурной чувствительности TIP-TERM и установить оптимальное пороговое значение для выявления кардиоваскулярной автономной нейропатии у пациентов с СД2.

Методы и принципы исследования

В проспективное когортное исследование, выполненное на базе 1-й клиники терапии усовершенствования врачей Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, в период с октября 2022 г. по октябрь 2025 г. последовательно включали пациентов с верифицированным диагнозом СД2. Критериями включения служили возраст от 36 до 70 лет и отсутствие критериев исключения.

В исследование не допускались больные с недиабетической нейропатией, заболеваниями артерий нижних конечностей, признаками системного воспалительного ответа, флегмоной или гангреной стопы, уровнем гликозилированного гемоглобина (HbA1c) $\geq 10\%$, острыми осложнениями СД на момент скрининга, диабетической нефропатией со снижением расчётной скорости клубочковой фильтрации ≤ 30 мл/мин/1,73 м², фибрилляцией

предсердий, имплантированным электрокардиостимулятором, а также хроническими соматическими и социально значимыми заболеваниями в стадии декомпенсации. Итоговую выборку составили 72 пациента.

Всем пациентам выполняли высокочастотную ультразвуковую доплерографию (ВЧУДГ) с холодовой пробой. Исследование проводили на аппарате «Минимакс-Допплер-К» (Россия), оснащённом датчиком с частотой 20 МГц, в помещении с постоянной температурой воздуха 22–24 °С после 15-минутной адаптации пациента. Датчик фиксировали на ногтевом валике III пальца кисти. Регистрировали среднюю линейную скорость кровотока (V_m , см/с) в покое, после чего кисть обкладывали льдом на 60 с и повторно измеряли V_m . Вазомоторную реакцию оценивали следующим образом: нормальной считали снижение V_m на 30–50% от исходного уровня; патологической — падение менее чем на 30%, отсутствие изменений или парадоксальное увеличение скорости кровотока [9].

По результатам холодовой ВЧУДГ вся когорта была разделена на две группы сопоставимой численности: группа с сохранной (нормальной) вазомоторной реакцией ($n=36$) и группа с патологической реакцией ($n=36$). Последняя рассматривалась как эквивалент КАН (нарушение периферической вазоконстрикции тесно связано с автономной дисрегуляцией [10]).

Оценку температурной чувствительности методом TIP-TERM проводили на симметричных участках нижних конечностей — тыле стопы и передней поверхности голени. Выраженность нарушений градуировали по детализированной балльной шкале: 0 — нормальная чувствительность, 1 — нарушение до основания пальцев, 2 — до середины стопы, 3 — до середины лодыжек, 4 — до середины голени, 5 — до уровня колена. Для каждого пациента фиксировали максимальный балл, зарегистрированный в любой из обследованных зон.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакетов программ Statistica 10 и Microsoft Excel. Нормальность распределения количественных признаков проверяли критерием Шапиро-Уилка. Если оно отличалось от нормального, межгрупповые сравнения выполняли с помощью U-критерия Манна-Уитни. Распределение оценок TIP-TERM в баллах сравнивали по критерию Хи-квадрат Пирсона. Диагностическую ценность балльной оценки температурной чувствительности в выявлении патологической вазомоторной реакции оценивали методом ROC-анализа. Рассчитывали площадь под кривой (AUC), чувствительность (Se), специфичность (Sp), положительную прогностическую ценность (PPV) и отрицательную прогностическую ценность (NPV). Пороговое значение балла TIP-TERM определяли по максимальной величине индекса Юдена ($Se+Sp-1$). Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Основные результаты

В исследование включено 72 пациента: 42 (58,3%) мужчины и 30 (41,7%) женщин. Средний возраст пациентов составил $58,4\pm 7,1$ года, длительность сахарного диабета 2 типа (СД2) — $9,8\pm 4,2$ года. Синдром диабетической стопы в анамнезе отмечен у 14 (19,4%) пациентов.

Группы с нормальной ($n=36$) и патологической ($n=36$) вазомоторной реакцией были сопоставимы по полу, возрасту и длительности СД2 ($p>0,05$ для всех сравнений). Медианный балл по шкале TIP-TERM во всей выборке составил 3 [2;4].

При сравнении показателей TIP-TERM между группами установлено, что в группе с нормальной вазомоторной реакцией медиана балла составила 2 [1;2] (диапазон 0–5), а в группе с патологической реакцией — 4 [3;4] (диапазон 0–5). Различия в распределении балльных оценок в сравниваемых группах представлены на рисунке 1 ($p<0,001$) (рис. 1).

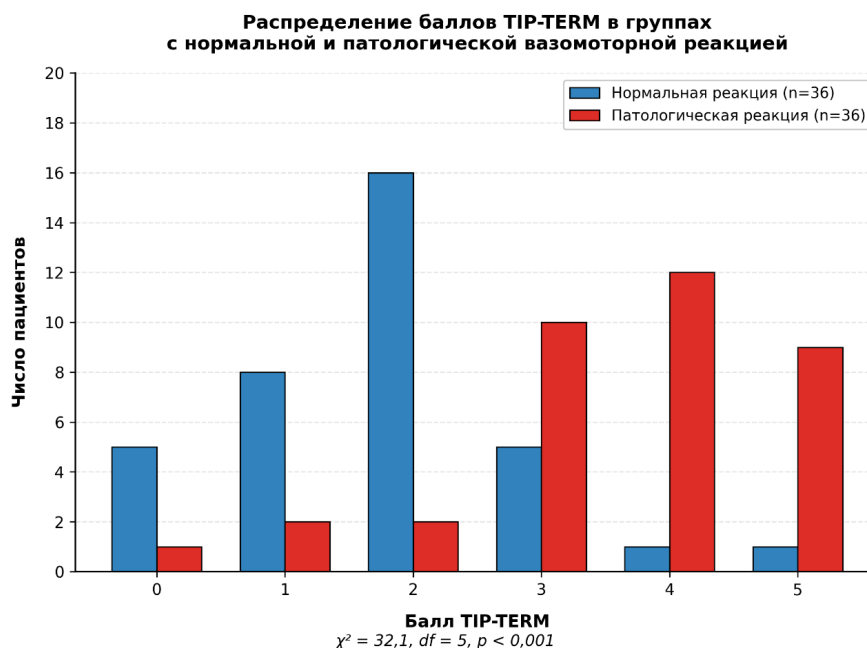


Рисунок 1 - Распределение баллов TIP-TERM в группах с нормальной и патологической вазомоторной реакцией
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.20.1>

Примечание: критерий Хи-квадрат Пирсона

Анализ распределения пациентов в зависимости от балла по шкале TIP-TERM показал, что в диапазоне 0–2 балла преобладали лица с нормальной вазомоторной реакцией, тогда как в диапазоне 3–5 баллов — лица с патологической реакцией. Наибольшей информативностью характеризовался балл «два»: среди 18 пациентов с данным баллом нормальная вазомоторная реакция зафиксирована у 16 (88,9%), патологическая — у 2 (11,1%). При балле 3 патологическая реакция выявлена у 10 из 15 пациентов (66,7%). Полное распределение представлено на рисунке 2.

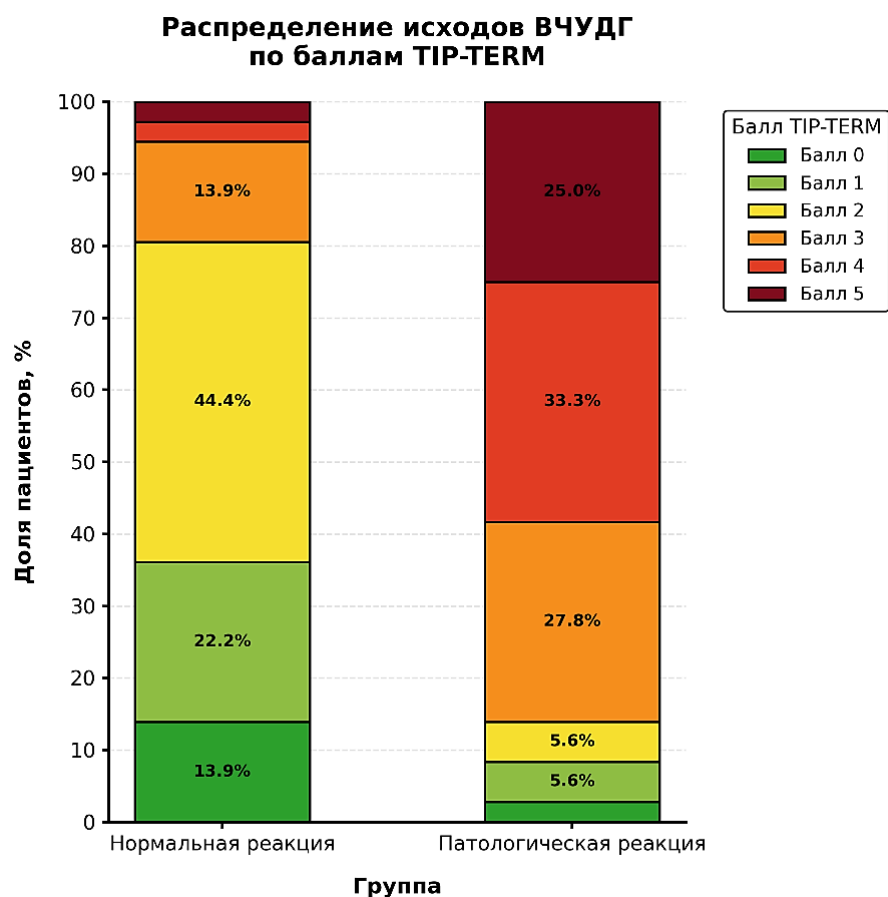


Рисунок 2 - Нормализованная столбчатая диаграмма распределения пациентов по баллам TIP-TERM в группах с нормальной и патологической вазомоторной реакцией

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.20.2>

Примечание: по оси Y – доля пациентов в каждой группе (%); видно, что пороговое значение >2 баллов оптимально разделяет группы

ROC-анализ балльной оценки по шкале TIP-TERM относительно наличия патологической вазомоторной реакции (критерий КАН) показал площадь под кривой (AUC) 0,88 (95% доверительный интервал 0,80-0,96), что соответствует отличному качеству диагностической модели (рис. 3).

Оптимальное пороговое значение, определённое по индексу У. Дж. Юдена, составило >2 баллов. При данном пороге чувствительность метода составила 86,1% (95% ДИ 70,5–94,3%), а специфичность — 80,6% (95% ДИ 64,0–91,2%).

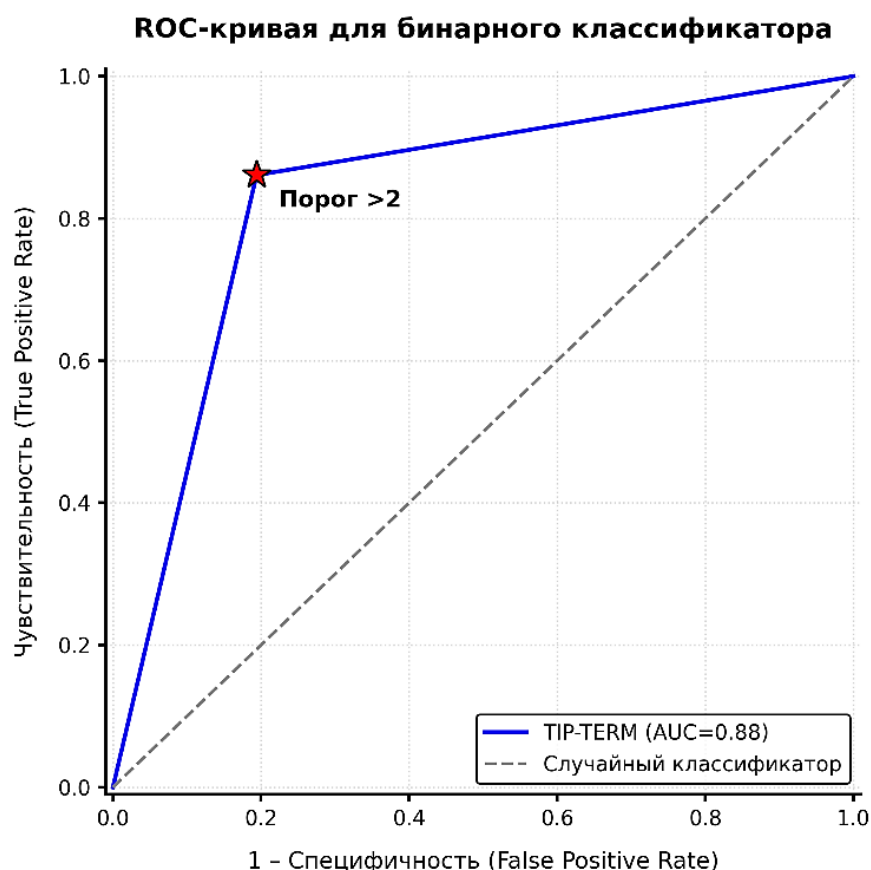


Рисунок 3 - ROC-кривая для балльной оценки TIP-TERM при выявлении КАН. AUC = 0,88 (95% ДИ 0,80-0,96)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.20.3>

Примечание: оптимальный порог >2 баллов (красная точка): чувствительность 86,1%, специфичность 80,6%; пунктирная диагональ – случайный классификатор

Положительная прогностическая ценность (PPV) оценки составила 81,6%, отрицательная прогностическая ценность (NPV) — 85,3% (рис. 4).

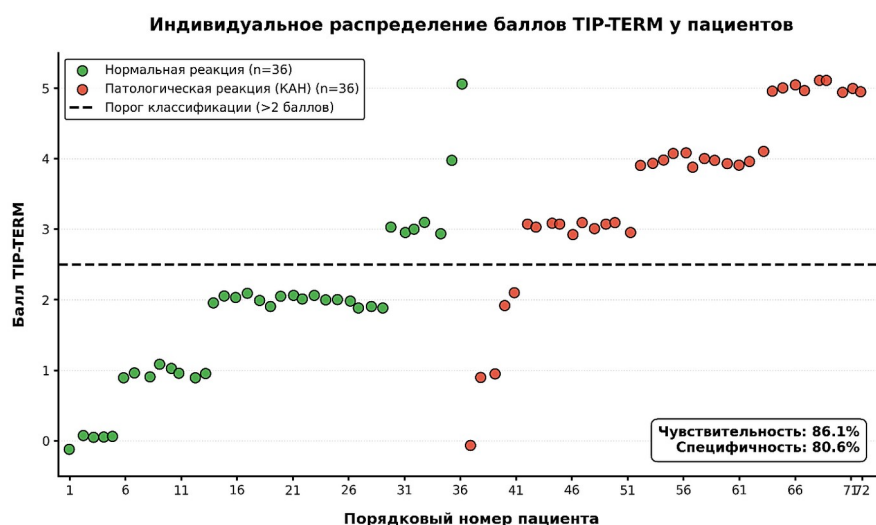


Рисунок 4 - Точечная диаграмма индивидуальных значений баллов TIP-TERM: зелёные точки – пациенты с нормальной вазомоторной реакцией; красные – с патологической (КАН); горизонтальная пунктирная линия – порог >2 баллов (проведена на уровне 2,5)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.20.4>

Примечание: ложноотрицательные случаи (КАН при балле ≤ 2) – 5 пациентов, ложноположительные (норма при балле >2) – 7 пациентов

Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют, что балльная оценка температурной чувствительности TIP-TERM с пороговым значением >2 баллов представляет собой высокоинформативный скрининговый инструмент для идентификации пациентов с высокой вероятностью КАН. Как видно из рисунка 1, распределение баллов в группах значимо различается. Чувствительность 86,1% позволяет выявить подавляющее большинство больных с патологической вазомоторной реакцией, тогда как специфичность 80,6% минимизирует риск гипердиагностики (рис. 3 и 4). Площадь под ROC-кривой 0,88 классифицирует модель как отличную. Эти показатели существенно превосходят возможности рутинных клинических шкал, которые обладают ограниченной чувствительностью на ранних стадиях нейропатии тонких волокон [3].

Патофизиологическую основу выявленной связи составляет общность поражения тонких нервных волокон при СД2. Температурная чувствительность опосредуется слабомиелинизированными А δ -волоконками (холод) и немиелинизированными С-волоконками (тепло), которые одними из первых страдают в условиях хронической гипергликемии, окислительного стресса и микроангиопатии vasa nervorum [11], [12]. Параллельно с этим дегенерация симпатических и парасимпатических тонких волокон, иннервирующих сердце и сосуды, лежит в основе КАН [13]. Именно поэтому дисфункция периферической температурной чувствительности тесно связана с нарушением вазомоторной реактивности, регистрируемым при холодовой пробе, и может служить её прямым маркером [9].

Преимущества TIP-TERM становятся особенно очевидными при сопоставлении с традиционными диагностическими подходами. Стандартный неврологический осмотр с использованием монофиламента и камертона ориентирован преимущественно на толстые миелинизированные волокна и недостаточно чувствителен к изолированному поражению тонких волокон [3]. Субъективные опросники симптомов не позволяют количественно градуировать выраженность сенсорного дефицита. В отличие от них, TIP-TERM обеспечивает воспроизводимую балльную оценку, напрямую отражающую функциональное состояние А δ - и С-волокон. По своим операционным характеристикам метод сопоставим с другими скрининговыми инструментами тонковолоконной нейропатии, в частности с Neuropad, оценивающим судомоторную функцию (чувствительность 85–95%, специфичность 70–80%) [14], однако тестирование именно температурной чувствительности представляется патофизиологически более достоверным способом диагностики КАН.

Сравнение с референсным методом — ВЧУДГ с холодовой пробой, достигающей, по ранее опубликованным данным, чувствительности 94% и специфичности 86% в детекции КАН [8] — обосновывает двухэтапный алгоритм. На первом этапе всем пациентам с СД2 целесообразно выполнять скрининг с помощью TIP-TERM: при балле ≤ 2 вероятность КАН низка, и больной остаётся под динамическим наблюдением; при балле >2 пациент направляется на подтверждающую инструментальную верификацию (ВЧУДГ с холодовой пробой либо кардиоваскулярные рефлекторные тесты). Такой подход не только сдерживает гипердиагностику, но и оптимизирует нагрузку на специализированное оборудование. Экономическая обоснованность алгоритма определяется низкой стоимостью прибора TIP-TERM, простотой и быстротой процедуры (2–3 минуты), а также возможностью её выполнения в первичном звене здравоохранения [12].

Результаты настоящего исследования согласуются с данными нашей предшествующей работы [8], в которой была впервые предложена детализированная балльная шкала TIP-TERM, и расширяют представления о её диагностической ценности именно в отношении кардиоваскулярной формы автономной нейропатии. В совокупности это позволяет рассматривать балльную оценку температурной чувствительности как надёжный, доступный и патогенетически обоснованный скрининговый инструмент для раннего выявления КАН у пациентов с СД2.

Заключение

Результаты исследования свидетельствуют о том, что простая и неинвазивная балльная оценка температурной чувствительности с помощью устройства TIP-TERM (порог >2 баллов) обладает высокой диагностической эффективностью в выявлении кардиоваскулярной автономной нейропатии при сахарном диабете 2 типа. На основании полученных данных обоснован двухэтапный алгоритм: первоначально всем пациентам выполняется скрининг TIP-TERM, и только при превышении порогового балла проводится подтверждающая инструментальная диагностика — высокочастотная доплерография с холодовой пробой или кардиоваскулярные тесты. Такая тактика даёт возможность своевременно идентифицировать больных с высоким риском развития безболевой ишемии, внезапной кардиальной смерти и эпизодов бессимптомной гипогликемии. Широкое внедрение метода в клиническую практику эндокринологов и терапевтов позволит стандартизировать первичный скрининг поражения тонких нервных волокон и, в конечном счёте, улучшить прогноз заболевания.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Дедов И.И. Сахарный диабет в Российской Федерации: динамика эпидемиологических показателей по данным Федерального регистра сахарного диабета за период 2010 – 2022 гг / И.И. Дедов, М.В. Шестакова, О.К. Викулова и др. // Сахарный диабет. — 2023. — № 2. — С. 104–123. — DOI: 10.14341/DM13035
2. Sun H. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045 / H. Sun, P. Saeedi, S. Karuranga et al. // Diabetes Research and Clinical Practice. — 2022. — Vol. 183. — P. 109119. — DOI: 10.1016/j.diabres.2021.109119
3. Pop-Busui R. Diabetic Neuropathy: A Position Statement by the American Diabetes Association / R. Pop-Busui, A.J. Boulton, E.L. Feldman et al. // Diabetes Care. — 2017. — Vol. 40. — № 1. — P. 136–154. — DOI: 10.2337/dc16-2042
4. Vinik A.I. Cardiac Autonomic Neuropathy in Diabetes: A Predictor of Cardiometabolic Events / A.I. Vinik, C. Casellini, H.K. Parson et al. // Frontiers in Neuroscience. — 2018. — № 12. — P. 591. — DOI: 10.3389/fnins.2018.00591
5. Супонева Н.А. Невропатия тонких волокон / Н.А. Супонева, Н.В. Белова, Н.И. Зайцева и др. // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. — 2017. — Т. 11. — №1. — С. 73–79.
6. Abbott C.A. The North-West Diabetes Foot Care Study: incidence of, and risk factors for, new diabetic foot ulceration in a community-based patient cohort / C.A. Abbott, A.L. Carrington, H. Ashe et al. // Diabet Med. — 2002. — Vol. 19. — № 5. — P. 377–384. — DOI: 10.1046/j.1464-5491.2002.00698.x.
7. Yang Y. Diabetic neuropathy: cutting-edge research and future directions / Y. Yang, B. Zhao, Y. Wang et al. // Signal Transduct Target Ther. — 2025. — Vol. 10. — Iss. 1. — P. 132. — DOI: 10.1038/s41392-025-02175-1
8. Зеленина Т.А. Диагностическая ценность количественной оценки температурной чувствительности TIP-TERM для скрининга кардиоваскулярной автономной нейропатии у пациентов с сахарным диабетом 2 типа / Т.А. Зеленина, А.О. Рыбаков, М.С. Околитенко [и др.] // Актуальные вопросы высокотехнологичной помощи в терапии: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14–15 мая 2026 года / Под ред. В.В. Тыренко, В.И. Один, В.В. Тишко [и др.]. — Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, 2026. — С. 38–42.
9. Зеленина Т.А. Нарушение микроциркуляторного кровотока у больных сахарным диабетом 2 типа и кардиоваскулярной автономной нейропатией / Т.А. Зеленина, В.В. Салухов, А.Б. Земляной и др. // Сахарный диабет. — 2021. — Т. 24. — № 1. — С. 32–44. — DOI: 10.14341/DM12372
10. Eleftheriadou I. The association of diabetic microvascular and macrovascular disease with cutaneous circulation in patients with type 2 diabetes mellitus / I. Eleftheriadou, A. Tentolouris, P. Grigoropoulou et al. // J Diabetes Complications. — 2019. — Vol. 33. — № 2. — P. 165–170. — DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2018.10.008
11. Furia A. Small-Fiber Neuropathy: An Etiology-Oriented Review / A. Furia, R. Liguori, V. Donadio // Brain Sciences. — 2025. — Vol. 15. — № 2. — P. 158. — DOI: 10.3390/brainsci15020158
12. Burgess J. Early Detection of Diabetic Peripheral Neuropathy: A Focus on Small Nerve Fibres / J. Burgess, B. Frank, A. Marshall et al. // Diagnostics (Basel). — 2021. — Vol. 11. — № 2. — P. 165. — DOI: 10.3390/diagnostics11020165
13. Serhiyenko V.A. Cardiac autonomic neuropathy: Risk factors, diagnosis and treatment / V.A. Serhiyenko, A.A. Serhiyenko // World J Diabetes. — 2018. — Vol. 9. — № 1. — P. 1–24. — DOI: 10.4239/wjd.v9.i1.1
14. Papanas N. A simple new non-invasive sweat indicator test for the diagnosis of diabetic neuropathy / N. Papanas, A.J.M. Boulton, R.A. Malik et al. // Diabetic Medicine. — 2013. — Vol. 30. — № 5. — P. 525–534. — DOI: 10.1111/dme.12000

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dedov I.I. Saxarnyj' diabet v Rossijskoj Federacii: dinamika e'pidemiologicheskix pokazatelej po dannym Federal'nogo registra saxarnogo diabetu za period 2010 – 2022 gg [Diabetes mellitus in the Russian Federation: dynamics of epidemiological indicators according to the Federal Register of Diabetes Mellitus for the period 2010–2022] / I.I. Dedov, M.V. Shestakova, O.K. Vikulova et al. // Diabetes Mellitus. — 2023. — № 2. — P. 104–123. — DOI: 10.14341/DM13035 [in Russian]
2. Sun H. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045 / H. Sun, P. Saeedi, S. Karuranga et al. // Diabetes Research and Clinical Practice. — 2022. — Vol. 183. — P. 109119. — DOI: 10.1016/j.diabres.2021.109119
3. Pop-Busui R. Diabetic Neuropathy: A Position Statement by the American Diabetes Association / R. Pop-Busui, A.J. Boulton, E.L. Feldman et al. // Diabetes Care. — 2017. — Vol. 40. — № 1. — P. 136–154. — DOI: 10.2337/dc16-2042
4. Vinik A.I. Cardiac Autonomic Neuropathy in Diabetes: A Predictor of Cardiometabolic Events / A.I. Vinik, C. Casellini, H.K. Parson et al. // Frontiers in Neuroscience. — 2018. — № 12. — P. 591. — DOI: 10.3389/fnins.2018.00591
5. Супонева Н.А. Невропатия тонких волокон [Small fiber neuropathy] / Н.А. Супонева, Н.В. Белова, Н.И. Зайцева и др. // Annali klinicheskoi i eksperimentalnoi nevrologii [Annals of Clinical and Experimental Neurology]. — 2017. — Vol. 11. — №1. — P. 73–79. [in Russian]
6. Abbott C.A. The North-West Diabetes Foot Care Study: incidence of, and risk factors for, new diabetic foot ulceration in a community-based patient cohort / C.A. Abbott, A.L. Carrington, H. Ashe et al. // Diabet Med. — 2002. — Vol. 19. — № 5. — P. 377–384. — DOI: 10.1046/j.1464-5491.2002.00698.x.
7. Yang Y. Diabetic neuropathy: cutting-edge research and future directions / Y. Yang, B. Zhao, Y. Wang et al. // Signal Transduct Target Ther. — 2025. — Vol. 10. — Iss. 1. — P. 132. — DOI: 10.1038/s41392-025-02175-1
8. Zelenina T.A. Diagnosticheskaya tsennost kolichestvennoi otsenki temperaturnoi chuvstvitelnosti TIP-TERM dlya skringa kardiovaskulyarnoi avtonomnoi neiropatii u patsientov s sakharnim diabetom 2 tipa [Diagnostic value of quantitative assessment of temperature sensitivity TIP-TERM for screening cardiovascular autonomic neuropathy in patients with type 2



diabetes mellitus] / T.A. Zelenina, A.O. Ribakov, M.S. Okolitenko [et al.] // Topical Issues of High-Tech Care in Therapy: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference, Saint Petersburg, May 14–15, 2026 / Ed. by V.V. Tirenko, V.I. Odin, V.V. Tishko [et al.]. — Saint Petersburg: Military Medical Academy named after S. M. Kirov, 2026. — P. 38–42. [in Russian]

9. Zelenina T.A. Narushenie mikrotsirkulyatornogo krvotoka u bolnikh sakharnim diabetom 2 tipa i kardiovaskulyarnoi avtonomnoi neiropatii [Microcirculatory blood flow impairment in patients with type 2 diabetes mellitus and cardiovascular autonomic neuropathy] / T.A. Zelenina, V.V. Salukhov, A.B. Zemlyanoi et al. // Sakharnii diabet [Diabetes Mellitus]. — 2021. — Vol. 24. — № 1. — P. 32–44. — DOI: 10.14341/DM12372 [in Russian]

10. Eleftheriadou I. The association of diabetic microvascular and macrovascular disease with cutaneous circulation in patients with type 2 diabetes mellitus / I. Eleftheriadou, A. Tentolouris, P. Grigoropoulou et al. // J Diabetes Complications. — 2019. — Vol. 33. — № 2. — P. 165–170. — DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2018.10.008

11. Furia A. Small-Fiber Neuropathy: An Etiology-Oriented Review / A. Furia, R. Liguori, V. Donadio // Brain Sciences. — 2025. — Vol. 15. — № 2. — P. 158. — DOI: 10.3390/brainsci15020158

12. Burgess J. Early Detection of Diabetic Peripheral Neuropathy: A Focus on Small Nerve Fibres / J. Burgess, B. Frank, A. Marshall et al. // Diagnostics (Basel). — 2021. — Vol. 11. — № 2. — P. 165. — DOI: 10.3390/diagnostics11020165

13. Serhiyenko V.A. Cardiac autonomic neuropathy: Risk factors, diagnosis and treatment / V.A. Serhiyenko, A.A. Serhiyenko // World J Diabetes. — 2018. — Vol. 9. — № 1. — P. 1–24. — DOI: 10.4239/wjd.v9.i1.1

14. Papanas N. A simple new non-invasive sweat indicator test for the diagnosis of diabetic neuropathy / N. Papanas, A.J.M. Boulton, R.A. Malik et al. // Diabetic Medicine. — 2013. — Vol. 30. — № 5. — P. 525–534. — DOI: 10.1111/dme.12000