

# Клинические проявления и диагностика кардиальной автономной невропатии при сахарном диабете и метаболическом синдроме

Мошхоева Л.С.<sup>1</sup>, Баринов А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра нервных болезней и нейрохирургии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва; <sup>2</sup>кафедра неврологии и психотерапии Медицинской академии АО «Группа компаний «Медси», Москва, Россия

<sup>1</sup>Россия, 119021, Москва, ул. Россолимо, 11, стр. 1; <sup>2</sup>Россия, 123056, Москва, Грузинский переулок, 3А

Серьезным осложнением сахарного диабета (СД) 2-го типа и метаболического синдрома (МетС) является нарушение функции автономной нервной системы, требующее своевременной диагностики для эффективного лечения. Возможности пульсоксиметрии, позволяющей оценивать вариабельность сердечного ритма в скрининговой диагностике поражения автономной нервной системы у пациентов с СД 2-го типа и МетС, пока недостаточно изучены.

**Цель** исследования – оценить эффективность методики пульсоксиметрической диагностики путем сопоставления ее результатов с данными количественного вегетативного тестирования (КВТ) для выявления кардиальной автономной невропатии (КАН) и уточнения ее степени у пациентов с СД 2-го типа и МетС.

**Пациенты и методы.** В исследование вошли 30 пациентов СД 2-го типа (средний возраст –  $63 \pm 7,9$  года), 30 пациентов с МетС (средний возраст –  $61,5 \pm 9,1$  года), 30 испытуемых из группы контроля (средний возраст –  $49,7 \pm 9,3$  года). Пациентам проводилась пульсоксиметрия, выполнялись основные кардиоваскулярные рефлекторные тесты, оценка субъективных ощущений по опроснику NSC, выраженности неврологического дефицита в ногах по шкале NIS-LL и невропатического болевого синдрома по шкале NTSS-9.

**Результаты и обсуждение.** В группе больных СД 2-го типа тяжелая КАН выявлена у 13,3% пациентов, умеренная – у 40%. В группе пациентов с МетС тяжелая КАН выявлена у 10% пациентов, умеренная – также у 10%. В группе контроля признаки КАН умеренной степени выявлены только у 3,3% пациентов. Результаты пульсоксиметрических проб с глубоким дыханием были сопоставимы с результатами КВТ ( $p < 0,001$ ).

**Заключение.** Метод пульсоксиметрии может быть использован для диагностики КАН.

**Ключевые слова:** диабетическая автономная невропатия; кардиальная вегетативная невропатия; кардиоваскулярные функциональные тесты; вариабельность сердечного ритма; пульсоксиметрия.

**Контакты:** Люба Султановна Мошхоева; [Imoshkoeva@inbox.ru](mailto:Imoshkoeva@inbox.ru)

**Для ссылки:** Мошхоева ЛС, Баринов АН. Клинические проявления и диагностика кардиальной автономной невропатии при сахарном диабете и метаболическом синдроме. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2022;14(2):71–77. DOI: 10.14412/2074-2711-2022-2-71-77

## Clinical manifestations and evaluation of cardiac autonomic neuropathy in diabetes mellitus and metabolic syndrome

Moshkoeva L.S.<sup>1</sup>, Barinov A.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Nervous System Diseases and Neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of Russia, Moscow;

<sup>2</sup>Department of Neurology and Psychotherapy, Medical Academy, JSC Group of Companies “Medsi”, Moscow

<sup>1</sup>11, Rossolimo St., Build. 1, Moscow 119021, Russia; <sup>2</sup>3A, Gruzinskii Ln., Moscow 123056, Russia

A serious complication of type 2 diabetes mellitus (T2DM) and metabolic syndrome (MetS) is a dysfunction of the autonomic nervous system, which requires early evaluation for the effective treatment. The possibilities of pulse oximetry, which allows to assess heart rate variability in screening of autonomic nervous system dysfunction in patients with T2DM and MetS, have not yet been studied sufficiently.

**Objective:** to evaluate the pulse oximetry effectiveness by comparing its results with the data of quantitative autonomic testing (QAT) to detect cardiac autonomic neuropathy (CAN) and clarify its degree in patients with T2DM and MetS.

**Patients and methods.** The study included 30 patients with T2DM (mean age  $63 \pm 7.9$  years), 30 patients with MetS (mean age  $61.5 \pm 9.1$  years), 30 subjects from the control group (mean age  $49.7 \pm 9.3$  years). Patients underwent pulse oximetry, basic cardiovascular reflex tests, assessment of subjective sensations according to the NSC questionnaire, the severity of neurological deficit in the legs according to the NIS-LL scale and neuropathic pain syndrome according to the NTSS-9 scale.

**Results and discussion.** In the group of patients with T2DM, severe CAN was detected in 13.3% of patients, moderate – in 40%. In the group of patients with MetS, severe CAN was detected in 10% of patients, moderate – also in 10%. In the control group, signs of moderate CAN were detected only in 3.3% of patients. The results of pulse oximetry tests with deep breathing were comparable to the QAT results ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion.** Pulse oximetry can be used to diagnose CAN.

**Keywords:** *diabetic autonomic neuropathy; cardiac autonomic neuropathy; cardiovascular functional tests; heart rate variability; pulse oximetry.*

**Contact:** *Liuba Sultanovna Moshkhoeva; lmoshxoeva@inbox.ru*

**For reference:** *Moshkhoeva LS, Barinov AN. Clinical manifestations and evaluation of cardiac autonomic neuropathy in diabetes mellitus and metabolic syndrome. Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics. 2022;14(2):71–77. DOI: 10.14412/2074-2711-2022-2-71-77*

Диабетическая автономная невропатия (ДАН) – распространенное и наиболее тяжелое осложнение сахарного диабета (СД) 2-го типа и метаболического синдрома (MetC), при которых наблюдается широкий спектр клинических проявлений поражения сердечно-сосудистой, респираторной, желудочно-кишечной, мочеполовой, судомоторной и других систем и органов. Однако самыми опасными признаны нарушения функции сердечно-сосудистой системы, снижающие качество и продолжительность жизни [1].

Наиболее изученным, но редко диагностируемым осложнением ДАН считается кардиальная автономная невропатия (КАН), повышающая риск инвалидизации и преждевременной смерти. Согласно результатам инструментальных исследований, до 95% пациентов с СД 2-го типа имеют признаки поражения как автономной, так и периферической нервной системы [2]. Основными сердечно-сосудистыми проявлениями КАН считаются постоянная тахикардия покоя и фиксированный пульс, ортостатическая гипотензия, безболевая ишемия и инфаркт миокарда, снижение циркадных влияний на ритм сердца, повышение риска возникновения аритмий, нарушение сократительной функции миокарда, интраоперационные осложнения в виде неожиданной остановки дыхания и пароксизмальной тахикардии [3]. Известно, что КАН является жизнеугрожающим осложнением СД, так как смертность в группе больных диабетом с КАН превышает смертность в группе пациентов без КАН в 5–6 раз [4] и, вследствие длительного бессимптомного течения, диагностируется на поздней стадии заболевания, когда эффективность лечения снижается.

Для более достоверной диагностики вегетативной дисфункции применяют инструментальные методы исследования, включающие ряд простых неинвазивных кардиоваскулярных тестов (тесты Эвинга) [5], предложенные в конце 1970-х годов и до сих пор являющиеся классическим методом диагностики автономных нарушений. Кроме того, существует ряд опросников, выявляющих симптомы вегетативных расстройств, которые могут применяться для подтверждения наличия симптомов автономной невропатии. К ним относятся: Опросник невропатических симптомов и изменений (Neuropathy Symptoms and Changes, NSC) [6], Шкала наличия неврологического дефицита в ногах (Neuropathy Impairment Score Lower Limb, NIS-LL) [7], Общая шкала неврологических симптомов (Total Symptom Score, TSS) [8] и др. Эти методы дают возможность количественно оценить симптомы поражения периферической нервной системы и степень дефицитарных неврологических расстройств, но не позволяют поставить диагноз автономной невропатии.

Проблема диагностики автономных нарушений, связанных с СД 2-го типа и MetC, является актуальной для клиницистов, поскольку количество пациентов с признаками КАН нарастает пропорционально росту числа таких

больных. Диагностика КАН затруднена из-за отсутствия оптимальных методов скрининговой диагностики, показаний к их применению (возраст, продолжительность СД, повышенный уровень липидов и глюкозы крови и др.) и четко сформулированных критериев постановки диагноза. «Золотым стандартом» успешного лечения и предотвращения прогрессирования вегетативных нарушений считается коррекция факторов риска, гликемический контроль. Эффективность лечения во многом зависит от своевременной диагностики автономной невропатии.

Оптимальным методом диагностики КАН считают количественное вегетативное тестирование (КВТ), основанное на исследовании вариабельности сердечного ритма (ВСР) путем расчета экспираторно-инспираторного соотношения.

КВТ выполняется синхронно глубокому дыханию с частотой пять дыхательных циклов в минуту (рис. 1), но не следует требовать от обследуемого больших усилий, поскольку это может привести к активации симпатической нервной системы.

Пульсоксиметрия – метод диагностики, обладающий простым принципом действия и высокой эффективностью. В основе пульсоксиметрического теста лежит методика регистрации и анализа высокочастотных дыхательных колебаний ритма сердца, рекомендованная Т. Wheeler и Р. J. Watkins [9], при котором вычисляется разница между минимальной и максимальной частотой сердечных сокращений (ЧСС) в период дыхательного цикла. Первичная волна, представленная на экране пульсоксиметра и используемая для дальнейшего анализа, называется фотоплетизмограммой. Принцип формирования первичного толчка состоит в том, что во время систолы создается объемная волна, кратко-срочно расширяющая просвет сосудов и фиксирующаяся как первый пик на сенсоре. С каждым сердечным сокращением изменяется объем кровеносных сосудов, благодаря математическому анализу этих колебаний измеряется ЧСС и рассчитывается ВСР.

Тест «глубокое дыхание» выполняется в положении сидя после трехминутного отдыха. Пациент по инструкции врача дышит медленно и глубоко, производя вдох и выдох в течение 12 с, при этом выполняется непрерывно пять таких дыхательных циклов. Врач записывает максимальные и минимальные значения ЧСС в течение пяти дыхательных циклов, из которых далее выбирается пара значений с наиболее высокой вариабельностью и рассчитывается экспираторно-инспираторное соотношение (Е:И) по формуле:

$$E:I = \frac{ЧСС_{cp.}}{ЧСС_{max} - ЧСС_{min}}$$

В настоящее время возможности пульсоксиметрии недостаточно используются в диагностике КАН в амбулаторной клинической практике и даже в специализированных неврологических, эндокринологических и кардиологических отделениях. Вероятно, с этим связана гиподиаг-

ности КАН, характерная для современной системы здравоохранения.

**Цель исследования** – оценить эффективность методики пульсоксиметрии путем сопоставления ее результатов с данными КВТ для диагностики КАН и определения ее степени у пациентов с СД 2-го типа и MetC.

**Пациенты и методы.** Проведено проспективное когортное исследование. Протокол исследования одобрен этическим комитетом Сеченовского Университета. Пациенты, включенные в исследование, находились на стационарном или амбулаторном лечении в Клинике нервных бо-

лезней Сеченовского Университета.

**Критерии включения:** наличие подтвержденного диагноза СД 2-го типа, наличие MetC согласно критериям NCEP ATP III ((National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III) [10].

**Критерии не включения:** наличие сопутствующей патологии органов дыхания, некомпенсированных нарушений сердечно-сосудистой системы в виде нарушений сердечного ритма и проводимости, недавно перенесенного острого инфаркта миокарда, сердечной и дыхательной недостаточности 2-й и 3-й степени, других типов периферических соматических и автономных полиневропатий.

В исследовании участвовали 30 пациентов с СД 2-го типа (11 мужчин и 19 женщин, средний возраст –  $56,5 \pm 13,5$  года), 30 пациентов с MetC (9 мужчин и 21 женщина, средний возраст –  $61,0 \pm 9,0$  года) и 30 испытуемых из группы контроля (отсутствие СД 2-го типа и MetC; 9 мужчин и 21 женщина, средний возраст –  $58,0 \pm 10,0$  года).

Больные СД 2-го типа характеризовались продолжительностью заболевания от 0 до 30 лет, средним уровнем гликированного гемоглобина  $7,4 \pm 3,4\%$ , из них инсулинзависимый СД был у 13,3% пациентов, инсулиннезависимый – у 86,7%. Среди пациентов с MetC уровень липопротеидов высокой плотности  $< 1,03$  ммоль/л отмечался у 11% мужчин,  $< 1,29$  ммоль/л – у 90% женщин, гипертриглицеридемия  $\geq 1,7$  ммоль/л – у 76% пациентов, уровень гликемии натощак  $> 6,1$  ммоль/л выявлен у 43,3% пациентов.

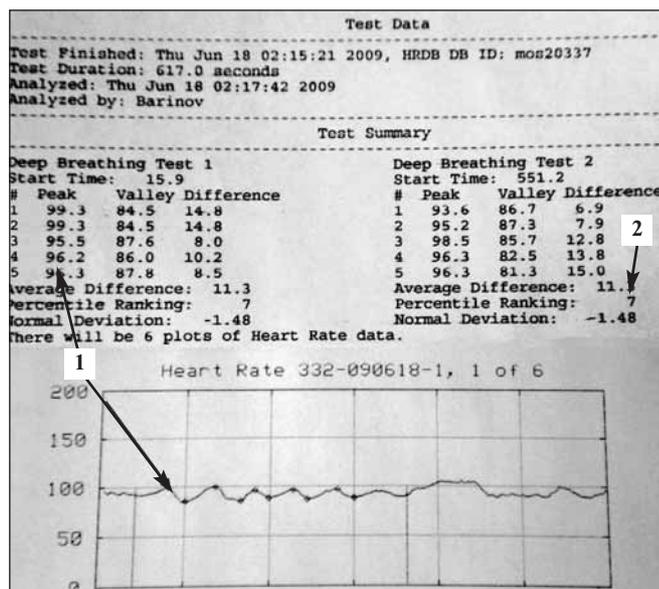
Пациентам проводились основные **кардиоваскулярные тесты:**

1. **Тест «глубокое дыхание»**, основанный на ускорении в норме ЧСС на вдохе и урежении на выдохе под влиянием блуждающего нерва. Пациент, лежа на спине, медленно и глубоко дышит с частотой пять дыхательных циклов в минуту (один дыхательный цикл состоит из одного вдоха и выдоха в течение 12 с). Отношение величины минимального ЧСС к максимальному  $< 10\%$  свидетельствует о нарушении парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [11].

2. **Тест Вальсальвы**, основанный на увеличении ЧСС с развитием последующей компенсаторной брадикардии. Пациент натуживается в мундштук, соединенный с манометром, с целью поддержания давления в спирометре на уровне 40 мм рт. ст. в течение 10–15 с. Разница между максимальным интервалом R–R в первые 20 с после пробы и минимальным во время пробы  $< 12\%$  считается патологической и свидетельствует о наличии КАН [11].

3. **Ортостатическая проба** основана на изменении систолического артериального давления (САД) при переходе из горизонтального положения в вертикальное. Пациент спокойно лежит на спине в течение 10 мин, после чего измеряют АД, затем пациент встает и АД измеряют на 2, 4, 6, 8 и 10-й минутах. Снижение САД на 20 мм рт. ст. и более говорит о наличии симпатической денервации [12].

4. **Тест 30/15** основан на учащении ЧСС с последующим компенсаторным его урежением. Выполняется вычисление интервала R–R на 15-й и 30-й секундах с момента вертикализации. Отношение 15-го удара ЧСС к 30-му в ортопробе  $< 1,0$  считается признаком вегетативной невропатии с преимущественным поражением симпатической нервной системы [12].



**Рис. 1. Протокол КВТ.**

1 – значения ЧСС, первый столбец – при глубоком вдохе (нижняя стрелка показывает значение ЧСС при максимальном вдохе на кардиоинтервалограмме), второй – значения ЧСС при глубоком выдохе, третий – показатели разницы ЧСС между вдохом и выдохом (экспираторно-инспираторное отношение); 2 – среднее арифметическое экспираторно-инспираторного отношения (верхняя строчка); перцентили (средняя строчка) – количественно показывают отклонение экспираторно-инспираторного отношения от нормы:

0–1 перцентиль – выраженная вегетативная невропатия, от 2 до 5 – умеренная вегетативная невропатия, от 6 до 95 – норма, от 96 до 100 – повышенная парасимпатическая активность; 50 – абсолютная среднестатистическая норма, на основании которой рассчитывают среднее квадратичное отклонение результатов (нижняя строчка)

**Fig. 1. QAT protocol.**

1 – heart rate, the first column – during a deep breath (the lower arrow shows the heart rate at the maximum inhale on the cardiointervalogram), the second – heart rate during a deep exhale, the third – the difference in heart rate between inhalation and exhalation (expiratory-inspiratory ratio); 2 – arithmetic mean of the expiratory-inspiratory ratio (top line); percentiles (middle line) – the deviation of the expiratory-inspiratory ratio from the norm are shown quantitatively: 0–1 percentile – severe autonomic neuropathy, from 2 to 5 – moderate autonomic neuropathy, from 6 to 95 – normal, from 96 to 100 – increased parasympathetic activity; 50 is the absolute average statistical norm, based on which the standard deviation of the results is calculated (lower line)

5. Тест с изометрической динамометрией основан на повышении диастолического артериального давления (ДАД) в ответ на физическую нагрузку. Пациент сжимает динамометр в течение 3 мин до 1/3 максимальной силы кисти. Повышение ДАД менее чем на 16 мм рт. ст. свидетельствует о вегетативной невропатии с недостаточной симпатической иннервацией [13].

Наличие у пациентов одного положительного теста указывает на вероятный диагноз КАН, а изменения в двух или более тестах позволяют достоверно диагностировать ее [14].

Проводилось сопоставление показателей КВТ, полученных на аппарате Case-4, с результатами тестов Эвинга с применением пульсоксиметрической диагностики и использованием простых кардиоваскулярных функциональных тестов.

Длительность интервала R–R рассчитывали по формуле:

$$R-R = \frac{60 \text{ с}}{\text{ЧСС}_{\text{ср}}} \cdot 1000 \text{ мс.}$$

Критерии оценки тестов с глубоким дыханием в пульсоксиметрической диагностике КАН:

- 1) как умеренная КАН расценивалась при снижении ВСР в тесте «глубокое дыхание» от 7 до 4 %, в тесте Вальсальвы от 12 до 4 %;
- 2) тяжелая степень КАН устанавливалась при снижении ВСР на 3% и менее.

Субъективные ощущения оценивались по опроснику NSC, выраженность неврологического дефицита – по шкале NIS-LL, а невропатический болевой синдром – по шкале NTSS-9.

Статистическая обработка результатов производилась с помощью программного обеспечения Medstatistic.ru с использованием корреляционного анализа. Количественные признаки представлены в виде среднего и стандартного отклонения (M±SD), качественные признаки – в виде частоты (%). Значимость определяли по t-критерию Стьюдента для независимых выборок. Связь между двумя количественными переменными оценивали с помощью вычисления коэффициента корреляции Пирсона. Различия считали значимыми при p<0,05. Графические диаграммы представляли в программе Microsoft Excel.

**Результаты.** В группе пациентов с СД 2-го типа тяжелая КАН на основании тестов с глубоким дыханием выявля-

на у 13,3% пациентов (трое мужчин и одна женщина); умеренная – у 40% пациентов (пять мужчин и семь женщин); у 46,6% пациентов (трех мужчин и одной женщины) признаков КАН по данным кардиоваскулярных функциональных тестов не выявлено.

В группе пациентов с MetC у 10% пациентов (один мужчина, две женщины) выявлена тяжелая КАН; у 10% пациентов (все трое – женщины) – умеренная; у 80% (8 мужчин и 16 женщин) признаков КАН не отмечено.

В группе контроля умеренные нарушения автономной нервной системы выявлены только у 3,33% пациентов.

Сравнение результатов длительности интервалов R–R при КВТ и пульсоксиметрии в тесте «глубокое дыхание» показало высокий коэффициент корреляции (r=0,942) при p<0,001; в тесте Вальсальвы коэффициент корреляции оказался менее значимым (r=0,546) при p<0,05.

Данные при сопоставлении полученных результатов вариабельности ЧСС при КВТ с использованием аппарата Case-4 и метода пульсоксиметрии, а также функциональных тестов с глубоким дыханием имели следующие результаты: наиболее высокую корреляцию (r=0,997) показал тест «глубокое дыхание» при p<0,001 (рис. 2); менее значима оказалась корреляция (r=0,585) в тесте Вальсальвы при p<0,05. Соответственно, для упрощения диагностики КАН в рутинной клинической практике переводить ЧСС в интервалы R–R не обязательно.

При сопоставлении результатов дыхательного теста и теста 30/15 коэффициент корреляции (r=0,467) оказался статистически незначимым (p>0,05). Тест 30/15 оказался менее эффективен в диагностике КАН.

Количественные показатели теста Шелонга коррелировали (r=0,381; p<0,05) с результатами кардиоваскулярных функциональных тестов с глубоким дыханием (рис. 3). Эффективность применения теста с использованием изометрической нагрузки оценивали методом сопоставления полученных результатов данного теста с результатами теста «глубокое дыхание», при этом получили незначительную корреляцию результатов (r=0,293; p>0,05).

Таким образом, в диагностике автономных нарушений и для уточнения степени поражения симпатической нервной системы информативно только проведение теста Шелонга.

Наиболее релевантным для теста «глубокое дыхание» и для диагноза КАН по опроснику NSC оказался клинический симптом «сухость во рту, не связанная с приемом ле-

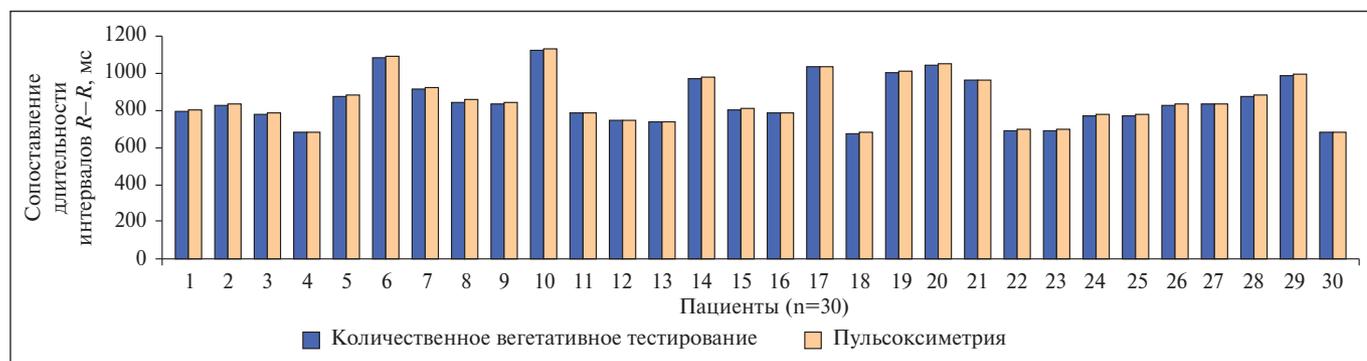
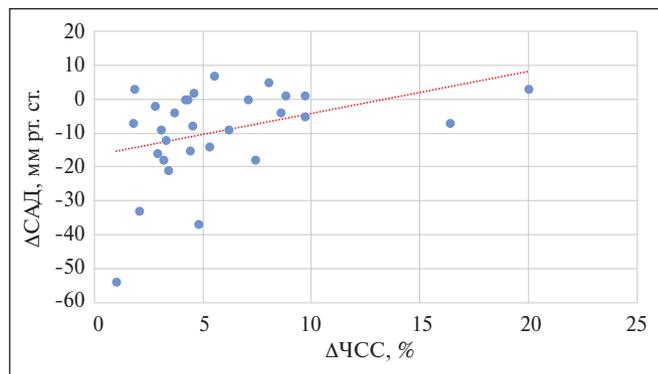


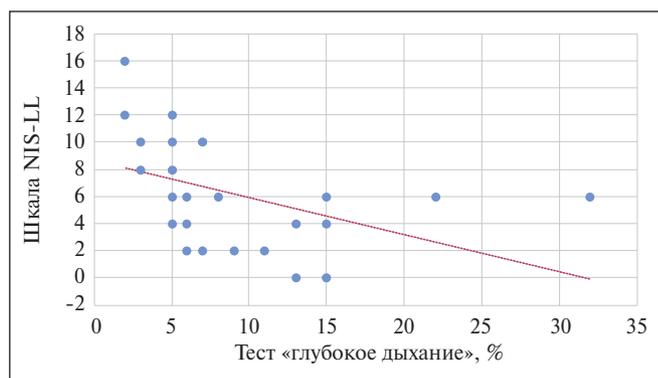
Рис. 2. График сопоставимости результатов КВТ и пульсоксиметрической диагностики в тесте «глубокое дыхание»  
 Fig. 2. Graph of comparability of the QAT results and pulse oximetry in the “deep breathing” test

карств или заболеваниями полости рта» ( $p < 0,001$ ), а для теста Шелонга – «предобморочное или обморочное состояние при вставании или долгом стоянии» ( $p < 0,001$ ).



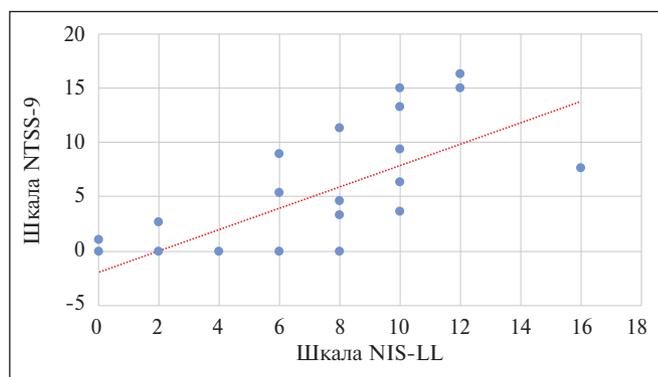
**Рис. 3.** Сопоставление результатов теста «глубокое дыхание» и теста Шелонга

**Fig. 3.** Comparison of the “deep breathing” and the Shelong test results



**Рис. 4.** График зависимости автономных (тест «глубокое дыхание») и неврологических нарушений в ногах (шкала NIS-LL)

**Fig. 4.** Dependence graph of autonomic (deep breathing test) and neurological disorders in the legs (NIS-LL scale)



**Рис. 5.** График зависимости неврологических нарушений (шкала NIS-LL) и невропатического болевого синдрома в ногах (шкала NTSS-9)

**Fig. 5.** Dependence graph of neurological disorders (NIS-LL scale) and neuropathic pain syndrome in the legs (NTSS-9 scale)

Тяжесть невропатических нарушений по шкале NIS-LL коррелировала ( $r=0,757$ ) с выраженностью автономных расстройств ( $p < 0,05$ ; рис. 4).

При сопоставлении невропатического болевого синдрома по шкале NTSS-9 с выраженностью автономных и дефицитарных невропатических расстройств по шкале NIS-LL выявлена значимая корреляция ( $r=0,702$ ;  $p < 0,05$ ; рис. 5).

Таким образом, по результатам нашего исследования выявлена высокая сопоставимость автономных и невропатических соматических нарушений.

**Обсуждение.** КАН является распространенным и недостаточно диагностируемым осложнением СД 2-го типа, которое может возникать на стадии MetC (предиабета) – при нормальном функционировании миокарда, когда диагноз СД 2-го типа еще не установлен [15]. В исследовании O. Al-Assi и соавт. [16] на грызунах, получавших высококалорийную диету, были выявлены изменения вагусного контроля при относительной сохранности симпатической регуляции. Такие данные согласуются с результатами нашего исследования, где выявлено снижение ВСР у 20% пациентов с MetC.

Своевременное выявление КАН является важной задачей, поскольку на поздних стадиях заболевания она ассоциирована с повышенной инвалидизацией и преждевременной смертностью.

По результатам нашей работы, наиболее высокая частота КАН выявлена при СД 2-го типа, менее высокая – при MetC, низкая – в контрольной группе, что соответствует статистике общей распространенности КАН, приведенной в работе D. Ziegler и соавт. [17]; соответственно, автономные нарушения следует выявлять не только при СД 2-го типа, но и при MetC.

Для диагностики нарушения функции вегетативной нервной системы наиболее информативным считается аппаратный метод КВТ, который позволяет вычислить вариабельность ЧСС методом анализа интервалов R–R. Хотя метод КВТ и информативен в диагностике КАН, он имеет ряд недостатков, препятствующих его амбулаторному применению, таких как дороговизна, необходимость в специальном оборудовании, занимающем много места, времени для проведения и обученного персонала.

Предложенные рядом авторов, в частности Ф.В. Валевым и М.Р. Шайдуллиной [18], С.В. Котовым и соавт. [19] и др., методы диагностики нарушения автономной нервной системы с помощью холтеровского мониторинга электрокардиограммы с оценкой интервалов R–R, с нашей точки зрения, обладают высокой информативностью, но не практичны для рутинного амбулаторного применения из-за высокой себестоимости и трудозатратности по времени и расходным материалам.

С целью снижения риска сердечно-сосудистых осложнений и количества летальных исходов у пациентов с СД 2-го типа настоятельно рекомендуется диагностировать КАН [20] при постановке диагноза СД 2-го типа, планировании хирургического вмешательства, а также при MetC с высоким сердечно-сосудистым риском, так как автономные нарушения дают основание прогнозировать неблагоприятные исходы заболевания [21, 22].

Впервые методику пульсоксиметрии для диагностики КАН начали применять относительно недавно [11, 23], а наше исследование проводится впервые в России и в мире.

Наиболее эффективными в диагностике КАН для выявления дисфункции парасимпатического отдела вегетативной нервной системы являются тесты с глубоким дыханием, а тест 30/15 оказался неинформативным. В диагностике симпатических нарушений у пациентов с КАН целесообразно проведение только теста Шелонга, поскольку тест с использованием изометрической нагрузки не показал свою эффективность, что было отмечено еще в 2014 г. в работе D. Gerasimos и соавт. [24].

Поскольку проявления автономной невропатии при СД обратимы на ранних стадиях заболевания при модификации образа жизни и назначении патогенетической терапии [25], всем пациентам с СД 2-го типа и MetC рекомендовано ежегодно проводить скрининг, включающий выявление клинических симптомов, инструментальное обследование для раннего установления диагноза КАН [7].

**Заключение.** Обладая высокой чувствительностью и специфичностью, методика пульсоксиметрической оцен-

ки вариабельности ЧСС при глубоком дыхании позволяет диагностировать ДАН уже на доклиническом этапе и количественно определить степень вегетативной дисфункции, что особенно важно для контроля эффективности лечения ДАН.

Поскольку ранняя диагностика КАН способствует снижению смертности и предотвращению осложнений, применение пульсоксиметрической диагностики у пациентов с СД 2-го типа и MetC на стадии предиабета должно стать стандартной процедурой в широкой клинической практике.

Учитывая увеличивающуюся частоту КАН и трудности ее объективизации в амбулаторных условиях, мы рекомендуем использовать методику пульсоксиметрической диагностики с применением кардиоваскулярных функциональных тестов (тест «глубокое дыхание») как информативный метод для раннего скрининга и уточнения степени тяжести КАН.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Мошкхоева ЛС, Баринов АН. Оптимизация диагностики кардиоваскулярной автономной невропатии при диабете и метаболическом синдроме. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2021;17(1):127-31. [Moshkhoeva LS, Barinov AN. Optimization of the diagnosis of cardiovascular autonomic neuropathy in diabetes and metabolic syndrome. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal = Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2021;17(1):127-31 (In Russ.).]
2. Парфенов ВА, Головачева ВА. Междисциплинарное ведение пациентов с диабетической невропатией. *Эффективная фармакология. Неврология*. 2017;5(38):42-9. [Parfenov VA, Golovacheva VA. Interdisciplinary management of patients with diabetic neuropathy. *Effektivnaya farmakologiya. Neurologiya = Effective Pharmacology. Neurology*. 2017;5(38):42-9 (In Russ.).]
3. Vinik AI, Maser RE, Ziegler D. Autonomic imbalance: prophet of doom or scope for hope? *Diabet Med*. 2011 Jun;28(6):643-51. doi: 10.1111/j.1464-5491.2010.03184.x
4. Мошкхоева ЛС, Баринов АН. Клинические проявления и диагностика автономной невропатии при сахарном диабете 2 типа и метаболическом синдроме. В сб.: Современная медицина: новые подходы и актуальные исследования: Сборник статей по материалам XLIII международной научно-практической конференции № 12(39). Москва: Изд-во «Интернаука», 2020. С. 40-54. [Moshkhoeva LS, Barinov AN. Clinical manifestations and diagnosis of autonomic neuropathy in type 2 diabetes mellitus and metabolic syndrome. In: *Sovremennaya meditsina: novyye podkhody i aktual'nyye issledovaniya: Sbornik statey po materialam XLIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii № 12(39)* [Modern medicine: new approaches and current research: Collection of articles based on the materials of the XLIII International Scientific and Practical Conference No. 12(39). Moscow: Internauka Publishing House; 2020. P. 40-54 (In Russ.).]
5. Ewing DJ. Cardiovascular reflexes and autonomic neuropathy. *Clin Sci Mol Med*. 1978 Oct;55(4):321-7. doi: 10.1042/cs0550321
6. Строчков ИА, Баринов АН, Новосадова МВ, Яхно НН. Клинические методы оценки тяжести диабетической полиневропатии. *Неврологический журнал*. 2000;5(5):14-9. [Strokov IA, Barinov AN, Novosadova MV, Yakhno NN. Clinical methods for assessing the severity of diabetic polyneuropathy. *Neurologicheskij zhurnal*. 2000;5(5):14-9 (In Russ.).]
7. Dyck PJ, Davies JL, Litchy WJ, O'Brein PC. Longitudinal assessment of diabetic polyneuropathy using a composite score in the Rochester Diabetic Neuropathy Study cohort. *Neurology*. 1997 Jul;49(1):229-39. doi: 10.1212/wnl.49.1.229
8. Ziegler D, Gries FA. Alpha-lipoic acid in the treatment of diabetic peripheral and cardiac autonomic neuropathy. *Diabetes*. 1997 Sep;46 Suppl 2:S62-6. doi: 10.2337/diab.46.2.s62
9. Wheeler T, Watkins PJ. Cardiac denervation in diabetes. *Br Med J*. 1973 Dec 8;4(5892):584-6. doi: 10.1136/bmj.4.5892.584
10. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA*. 2001 May 16;285(19):2486-97. doi: 10.1001/jama.285.19.2486
11. Баринов АН, Новосадова МВ. Вегетативная невропатия при сахарном диабете: Клиника, диагностика и лечение. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2011;3(2):25-33. doi: 10.14412/2074-2711-2011-143
12. Balcioglu AS, Muederrisoglu H. Diabetes and cardiac autonomic neuropathy: Clinical manifestations, diagnosis and treatment. *Diabetes Care*. 2010 Feb;33(2):434-41.
13. Agashe S, Petak S. Cardiac Autonomic Neuropathy in Diabetes Mellitus. *Methodist Debaquey Cardiovasc J*. 2018 Oct-Dec;14(4):251-6. doi: 10.14797/mdcj-14-4-251
14. Ахмеджанова ЛТ, Белякова ТА, Подковко ЮА, Шор ЮМ. Кардиальная диабетическая автономная невропатия. *Медицинский совет*. 2019;(21):94-102. [Akhmedzhanova LT, Belyakova TA, Podkovko YuA, Shor YuM. Cardiac diabetic autonomic neuropathy. *Meditsinskiy sovet = Medical Council*. 2019;(21):94-102 (In Russ.).]
15. Fisher VL, Tahrani AA. Cardiac autonomic neuropathy in patients with diabetes mellitus: current perspectives. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2017 Oct 6;10:419-34. doi: 10.2147/DMSO.S129797
16. Al-Assi O, Ghali R, Mroueh A, et al. Cardiac Autonomic Neuropathy as a Result of Mild Hypercaloric Challenge in Absence of Signs of Diabetes: Modulation by Antidiabetic Drugs. *Oxid Med Cell Longev*. 2018 Jan 31;2018:9389784. doi: 10.1155/2018/9389784
17. Ziegler D, Voss A, Rathmann W, et al; KORA Study Group. Increased prevalence of cardiac autonomic dysfunction at different degrees of glucose intolerance in the general population: the KORA S4 survey. *Diabetologia*. 2015 May;58(5):1118-28. doi: 10.1007/s00125-015-3534-7. Epub 2015 Feb 28.

18. Валеева ФВ, Шайдуллина МР. Диагностика диабетической автономной кардионевропатии у больных сахарным диабетом 1 типа. *Сахарный диабет*. 2009;12(4):55-60. [Valeeva FV, Shaydullina MR. Diagnosis of diabetic autonomous cardioneuropathy in patients with type 1 diabetes mellitus. *Sakharnyy diabet = Diabetes mellitus*. 2009;12(4):55-60 (In Russ.)].
19. Котов СВ, Рудакова ИГ, Исакова ЕВ, Волченкова ТВ. Диабетическая нейропатия: разнообразие клинических форм. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2017;25(11):822-30. [Kotov SV, Rudakova IG, Isakova EV, Volchenkova TV. Diabetic neuropathy: variety of clinical forms. *RMZh. Meditsinskoye obozreniye = RMJ. Medical Review*. 2017;25(11):822-30 (In Russ.)].
20. Spallone V, Ziegler D, Freeman R, et al. Cardiovascular autonomic neuropathy in diabetes: clinical impact, assessment, diagnosis, and management. *Diabetes Metab Res Rev*. 2011 Oct;27(7):639-53. doi: 10.1002/dmrr.1239
21. Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (EDIC) Research Group. Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (EDIC). Design, implementation, and preliminary results of a long-term follow-up of the Diabetes Control and Complications Trial cohort. *Diabetes Care*. 1999 Jan;22(1):99-111. doi: 10.2337/diacare.22.1.99
22. The Diabetes Control and Complications Trial Research Group. The effect of intensive diabetes therapy on measures of autonomic nervous system function in the Diabetes Control and Complications Trial (DCCT). *Diabetologia*. 1998 Apr;41(4):416-23. doi: 10.1007/s001250050924
23. Баринов АН. Вегетативная невропатия при сахарном диабете и метаболическом синдроме: клинические проявления, диагностика и лечение. *Эффективная фармакотерапия. Эндокринология*. 2017;29(2):40-50. [Barinov AN. Autonomic neuropathy in diabetes mellitus and metabolic syndrome: clinical manifestations, diagnosis and treatment. *Effektivnaya farmakoterapiya. Endokrinologiya*. 2017;29(2):40-50 (In Russ.)].
24. Dimitropoulos G, Tahrani AA, Stevens MJ. Cardiac autonomic neuropathy in patients with diabetes mellitus. *World J Diabetes*. 2014 Feb 15;5(1):17-39. doi: 10.4239/wjd.v5.i1.17
25. Spallone V. Update on the Impact, Diagnosis and Management of Cardiovascular Autonomic Neuropathy in Diabetes: What Is Defined, What Is New, and What Is Unmet. *Diabetes Metab J*. 2019 Feb;43(1):3-30. doi: 10.4093/dmj.2018.0259

Поступила/отрецензирована/принята к печати  
Received/Reviewed/Accepted  
17.01.2021/24.02.2022/26.02.2022

#### Заявление о конфликте интересов/Conflict of Interest Statement

Исследование не имело спонсорской поддержки. Конфликт интересов отсутствует. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

The investigation has not been sponsored. There are no conflicts of interest. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Мошхоева Л.С. <https://orcid.org/0000-0003-2076-4131>  
Баринов А.Н. <https://orcid.org/0000-0001-7146-2024>