

Е. А. Семушина<sup>1</sup>, А. В. Зеленко<sup>1</sup>, О. К. Синякова<sup>1</sup>,  
Е. С. Щербинская<sup>1</sup>, А. Р. Басик<sup>2</sup>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПАЛЛЕСТЕЗИОМЕТРИИ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРА ВИБРАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ-01 В ДИАГНОСТИКЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ

РУП «Научно-практический центр гигиены»<sup>1</sup>,  
УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>2</sup>

---

Диабетическая нейропатия (ДН) — одно из самых коварных и грозных осложнений сахарного диабета (СД). В отсутствие эффективных методов лечения ДН (особенно клинических форм), основанных на принципах доказательной медицины, успешное лечение возможно только на ранних (доклинических) стадиях развития болезни. Вот почему в последнее десятилетие активизировался поиск недорогостоящих и легко доступных в широкой клинической практике и, вместе с тем, достаточно информативных скрининговых диагностических методов субклинической стадии ДН [4]. Снижение вибрационной чувствительности считается одним из ранних объективных признаков сенсорной нейропатии и происходит задолго до проявления клинической симптоматики. Традиционно вибрационную чувствительность исследуют с помощью камертона (обычно, 128 Гц). В большинстве случаев для диагностики нарушений вибрационной чувствительности одной частоты камертона (128 Гц) недостаточно. Определение нарушения вибрационной чувствительности в широком диапазоне частот (3,15–500 Гц) возможно с помощью метода компьютерной паллестезиометрии, в частности с использованием анализатора вибрационной чувствительности «АНВЧ-01»). В основе метода исследования заложен метод границ (up-down algorithm): алгоритм психофизических измерений, позволяющий определить два порога чувствительности (для нарастающей и спадающей интенсивности) посредством предъявления субъекту последовательности кратковременных стимулов меняющейся интенсивности [3]. Этот метод является качественным методом исследования вибрационной чувствительности, а также высоко информативным методом диагностики диабетической нейропатии уже на начальных стадиях патологического процесса.

*Компьютерная паллестезиометрия с помощью АНВЧ-01 предлагается в качестве современного скринингового метода диагностики субклинической стадии диабетической полинейропатии с целью ранней инициации лечения, особенно патогенетически направленного.*

**Ключевые слова:** диабетическая периферическая нейропатия, паллестезиометрия, вибрационная чувствительность.

**E. A. Semushina, Ph. D. A. V. Zelenko, O. K. Sinyakova,  
E. S. Shcherbinskaya, A. R. Basik**

**USING THE METHOD OF COMPUTER PALLESTESIOMETRY  
WITH THE HELP OF ANVCH-01 IN THE DIAGNOSIS  
OF DIABETIC NEUROPATHY**

*Diabetic neuropathy (DN) is one of the most insidious and menacing complications of diabetes mellitus (DM). In the absence of effective methods of treatment of DN (especially clinical forms), based on the principles of evidence-based medicine, successful treatment is possible only at early (preclinical) stages of the disease development. That is why in the last decade the search for low-cost and easily accessible in the wide clinical practice and, at the same time, quite informative screening diagnostic techniques for the subclinical stage of DV has been activated [4].*

*Reduction of vibration sensitivity is considered one of the early objective signs of sensory neuropathy and occurs long before the manifestation of clinical symptoms. Traditionally, the vibration sensitivity is examined with a tuning fork (usually, 128 Hz). In most cases, to diagnose violations of the vibration sensitivity of a single tuning fork (128 Hz) is not enough. Determination of the vibration sensitivity violation in a wide frequency range (3.15–500 Hz) is possible using the computer pallestesiometry method, in particular using the ANVCH-01 vibration sensitivity analyzer). The research method is based on the up-down algorithm method: an algorithm of psychophysical measurements that allows to determine two sensitivity thresholds (for increasing and decreasing intensity) by presenting a sequence of short-term stimuli of varying intensity to the subject [3]. This method is a qualitative method for studying vibration sensitivity, as well as a highly informative method for diagnosing diabetic neuropathy already at the initial stages of the pathological process. Computerized pallestesiometry with the help of ANVCH-01 is proposed as a modern screening method for diagnosing the subclinical stage of diabetic polyneuropathy with the aim of early initiation of treatment, especially pathogenetically directed.*

**Key words:** diabetic peripheral neuropathy, pallestesiometry, vibration sensitivity.

Диабетическая нейропатия (ДН) – одно из самых коварных и грозных осложнений сахарного диабета (СД), что обусловлено, во-первых, трудностями в диагностике ранних, доклинических, стадий ДН, во-вторых, значительным влиянием ДН на характер течения самого СД и, в-третьих, влиянием ДН на развитие других осложнений СД – ДН является одним из ключевых патогенетических звеньев формирования синдрома диабетической стопы (СДС) и диабетической остеоартропатии, а также способствует прогрессированию диабетической ретино- и нефропатии [4]. Частота диабетической периферической нейропатии (ПДН) при СД 1 типа составляет 13–54 %, при СД 2 типа 17–45 % [5]. Установлено, что от 40 до 70 % всех не-травматических ампутаций стоп проводится больным СД, поэтому крайне важно вовремя диагностировать ДПН и провести соответствующие лечебно-профилактические мероприятия [2].

В отсутствие эффективных методов лечения ДН (особенно клинических форм), основанных на принципах доказательной медицины, успешное лечение возможно только на ранних (доклинических) стадиях развития болезни. Вот почему в последнее десятилетие активизировался поиск недорогостоящих и легко-

доступных в широкой клинической практике и, вместе с тем, достаточно информативных скрининговых диагностических методик субклинической стадии ДН [4].

Снижение вибрационной чувствительности считается одним из ранних объективных признаков сенсорной нейропатии и происходит задолго до проявления клинической симптоматики. Традиционно вибрационную чувствительность исследуют с помощью камертона (обычно, 128 Гц). В большинстве случаев для диагностики нарушений вибрационной чувствительности одной частоты камертона (128 Гц) недостаточно. Определение нарушения вибрационной чувствительности в широком диапазоне частот (3,15–500 Гц) возможно с помощью метода компьютерной паллестезиометрии, в частности с использованием анализатора вибрационной чувствительности «АНВЧ-01».

Данный прибор предназначен для оценки порогов вибрационной чувствительности дистальных отделов конечностей человека путем создания локальных виброколебаний различной интенсивности и частоты, регистрации минимальных ощущаемых из них и сравнение их с заложенными в памяти ПЭВМ нормативами. Ход проведения исследования: пациент свободно располагает дистальную фалангу указательного пальца

на вибродатчике, на который передаются вибрация из базового блока прибора. Вибростимулы подаются циклами (нарастающей и спадающей интенсивности) на различных частотах. В основе метода исследования заложен метод границ (up-down algorithm): алгоритм психофизических измерений, позволяющий определить два порога чувствительности (для нарастающей и спадающей интенсивности) посредством предъявления субъекту последовательности кратковременных стимулов меняющейся интенсивности [3]. Цикл повторяется три раза в пределах одной частотной стимуляции с вычислением среднего значения. При появлении ощущения воздействия вибрации пациент нажимает и удерживает кнопку «Ответ пациента» до исчезновения этих ощущений. Регистрируются и запоминаются прибором параметры вибростимулов, которые соответствуют моментам нажатия и отпускания кнопки пациента. Результаты исследования сохраняются в памяти прибора и распечатываются в виде протокола с формированием автоматического заключения.

**Цель работы** – исследование возможностей АНВЧ-01 в ранней диагностике диабетической полинейропатии у больных сахарным диабетом.

**Материалы и методы.** Исследование вибрационной чувствительности (паллестезиометрия) проведено у больных сахарным диабетом 1 и 2 типа (30 человек) и у здоровых лиц (15 человек). Группу № 1 составили больные сахарным диабетом 1 типа (15 человек) средний возраст составил  $53,73 \pm 3,99$  (лет), группа № 2 – больные сахарным диабетом 2 типа (15 человек) средний возраст –  $61,33 \pm 2,62$  (лет). Группа № 3 – группа контроля состояла из 15 здоровых человек, средний возраст –  $51,67 \pm 1,61$  (лет). Соотношение мужчин и женщин в группах было 1,65:1.

Статистический анализ проводился при помощи статистических пакетов «Statistica 10.0». Характер распределения определялся при помощи критерия Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса. Признаки, не имевшие приближенно нормального распределения, описывались при помощи медианы (Me) и интерквартильного размаха – значения 25-го и 75-го перцентилей и представлялись в виде Me (25 %;75 %). Статистическое значение различий оценивали при помощи критерия Краскела-Уоллиса (H).

Условия исключения из исследования: наличие контакта с производственной вибрацией, заболевания позвоночника.

Регистрация порогов вибрационной чувствительности проводилась на дистальной фаланге указательного пальца правой и левой кисти. В качестве регистрирующего устройства использован анализатор вибрационной чувствительности «АНВЧ-01». Стимулы (вибрация датчика) подавались восходящими и нисходящими рядами на частотах 3,15; 4; 5; 8; 16; 20; 25; 31,5; 63; 100; 125; 160; 250 и 500 Гц. Также проводилась камертоновая проба камертоном С 128 Гц.

**Результаты и обсуждение.** Зарегистрированные уровни порогов вибрационной чувствительности в трех группах представлены в таблице 1. Статистически значимые различия между группами выявлены

Таблица 1. Уровень порогов вибрационной чувствительности в трех группах исследования, дБ (Me (25 %;75 %))

Частота подачи вибросигнала, Гц	Группа №1 (n = 15)	Группа №2 (n = 15)	Группа №3 (n = 15)	Статистически значимые различия между группами
3,15	89,50 (87,05; 94,90)	90,5 (87,80; 93,80)	86,05 (82,25; 88,40)	–
4	87,00 (80,50; 90,80)	91,00 (84,30; 96,30)	84,30 (82,80; 85,50)	–
5	84,50 (76,80; 88,50)	89,30 (86,00; 93,80)	87,40 (85,15; 90,25)	H = 6,86521; p = 0,0323; Z1-2 = 2,619416; p = 0,026424
8	86,65 (83,30; 92,40)	91,30 (86,80; 95,80)	86,50 (83,80; 90,80)	–
16	93,50 (90,00; 101,00)	101,25 (96,75; 104,65)	95,30 (93,00; 98,50)	H = 10,29310; p = 0,0058; Z1-2 = 2,773502; p = 0,016637; Z2-3 = 2,850803; p = 0,013083
20	97,00 (91,30; 103,00)	104,00 (97,30; 106,80)	98,00 (95,30; 100,00)	H = 11,41724; p = 0,0033; Z1-2 = 2,901520; p = 0,011141; Z2-3 = 2,066455; p = 0,009038
25	102,55 (93,15; 107,25)	104,65 (99,50; 107,5)	98,80 (93,80; 101,00)	H = 10,61066; p = 0,0050 Z2-3 = 3,238843; p = 0,003600
31,5	103,50 (98,80; 108,50)	107,30 (104,50; 112,50)	102,30 (98,80; 104,50)	H = 8,130322; p = 0,0172; Z2-3 = 2,846348; p = 0,013267
63	111,00 (100,30; 116,00)	116,05 (109,65; 121,75)	110,05 (105,65; 114,30)	H = 9,331900; p = 0,0094; Z1-2 = 2,470967; p = 0,040425; Z2-3 = 2,796458; p = 0,015500
100	126,5 (121,00; 131,50)	129,40 (127,80; 132,00)	120,30 (116,80; 124,50)	H = 24,74831; p = 0,000; Z1-3 = 2,637968; p = 0,025021; Z2-3 = 4,944859; p = 0,000002
125	114,50 (107,50; 125,50)	119,80 (115,50; 127,50)	111,80 (107,3; 115,25)	H = 8,654822; p = 0,0132; Z2-3 = 2,934159; p = 0,010034
160	121,25 (114,75; 128,50)	122,80 (119,50; 128,50)	114,75 (113,50; 118,80)	H = 17,56717; p = 0,002; Z1-3 = 2,94102; p = 0,009814; Z2-3 = 4,036007; p = 0,000163

Окончание таблицы

Частота подачи вибросигнала, Гц	Группа №1 (n = 15)	Группа №2 (n = 15)	Группа №3 (n = 15)	Статистически значимые различия между группами
250	112,00 (102,50; 120,00)	116,65 (107,80; 122,50)	99,55 (95,90; 104,65)	H = 25,42362; p = 0,0000; Z1-3 = 3,495851; p = 0,001418; Z2-3 = 4,899892; p = 0,000003
500	116,15 (109,30; 122,15)	115,90 (108,15; 121,30)	103,50 (101,00; 105,50)	H = 25,29182; p = 0,0000; Z1-3 = 4,441921; p = 0,000027; Z2-3 = 4,234382; p = 0,000069

на частотах: 5; 16; 20; 25; 31,5; 63; 100; 125; 160; 250; 500 Гц.

Сравнение порогов вибрационной чувствительности между больными сахарным диабетом 1 и 2 типа показало, что между ними имеются достоверные различия на частотах 5; 16; 20; 63 Гц, а между больными сахарным диабетом и здоровыми лицами на частотах 16; 20; 25; 31,5; 63; 100; 125; 160; 250; 500 Гц.

Нарушение вибрационной чувствительности по типу гипестезии в группе больных сахарным диабетом отмечалось у 50,00 % человек. При этом в 50,00 % измерений гипестезия наблюдалась на частотах 3,15; 4; 5 Гц, в 20,00 % измерений – на частотах 20; 25; 31,5 Гц и в 23,33 % измерений – на частотах 100; 125; 160 Гц. При этом, у пациентов с выявленной гипестезией на низких частотах, имелись жалобы на онемение конечностей, но камертональная проба была ещё отрицательной.

У 33,33 % пациентов с выявленной гипестезией на 100; 125; 160 Гц наряду с жалобами на онемение конечностей присутствовали жалобы на нарушение мелкой моторики, при этом у 50 % пациентов камертональная проба оставалась отрицательной.

В группе здоровых лиц нарушений вибрационной чувствительности по типу гипестезии не наблюдалось, а нормостезия наблюдалась у 100 % человек.

Смещение порогов (СП) на разных частотах позволяет обнаружить нарушения вибрационной чувствительности, которые легче всего наблюдать с помощью

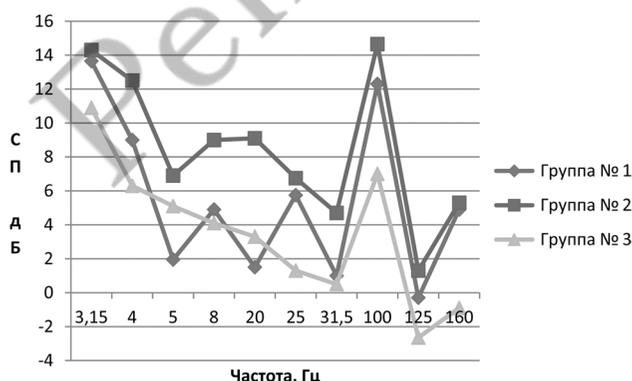


Рисунок 1. Тактограммы смещения порогов вибрационной чувствительности на частотах от 3,15 до 160 Гц

тактограммы – графического изображения зависимости смещения порога от частоты [3].

Примеры тактограмм смещения порогов вибрационной чувствительности на частотах от 3,15 до 160 Гц для трех групп представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, для разных частот характерно различное смещение порога (СП) вибрационной чувствительности у больных сахарным диабетом 1 и 2 типа по сравнению со здоровыми лицами: максимальное СП отмечается на частотах 3,15; 8; 25; 31,5; 100; 125; 160 Гц.

Порог вибрационной чувствительности повышается с возрастом, поэтому показатели должны быть сравнены с номограммной кривой, отражающей изменения порога вибрационной чувствительности в зависимости от возраста обследуемого [1]. Средний порог вибрационной чувствительности здоровых субъектов повышается с возрастом примерно на 0,03 дБ в год на частотах 3,15; 4; 5 Гц, на 0,08 дБ в год на частотах 20; 25; 31,5 Гц и на 0,25–0,35 дБ на частотах 100; 125; 160 Гц [3]. При проведении паллестезиометрии

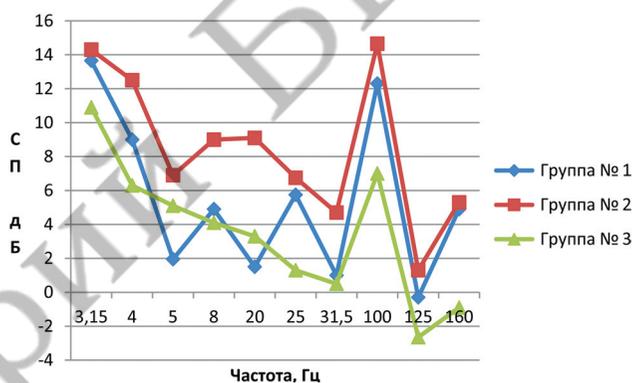


Рисунок 2. Модель изменения порогов вибрационной чувствительности у больных сахарным диабетом в зависимости от возраста

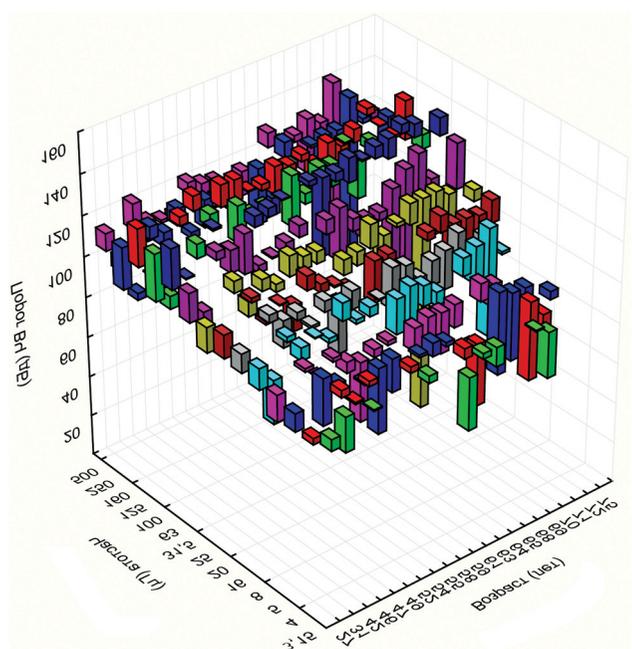


Рисунок 3. Модель изменения порогов вибрационной чувствительности у здоровых лиц в зависимости от возраста

с помощью прибора «АНВЧ-01» в протокол исследования заносится возраст обследуемого субъекта, и полученные результаты сравниваются с заложенными в памяти ПЭВМ возрастными нормами. На рисунках 2 и 3 изображены модели изменения порогов вибрационной чувствительности у больных сахарным диабетом и у здоровых лиц в зависимости от возраста.

Полученные данные подтверждают данные литературы о повышении порога вибрационной чувствительности с возрастом, кроме того, на данный показатель существенное влияние оказывает диабетическая нейропатия.

### Выводы

1. Паллестезиометрия с использованием «АНВЧ-01» позволяет исследовать нарушения виброчувствительности на более ранних стадиях за счет изменения частоты генерации вибраций в широком диапазоне частот (3,15–500 Гц). Этот метод является качественным методом исследования вибрационной чувствительности, а также высоко информативным методом диагностики диабетической нейропатии уже на начальных стадиях патологического процесса.

2. Учитывая, что при ДПН преимущественно вовлекаются в патологический процесс дистальные отделы нижних конечностей, целесообразно разработать датчика для снятия показателей вибрационной чувствительности с нижних конечностей с последующей разработкой нормативной базы для этих показателей.

3. Внедрение методики в клиническую практику может позволить определять сроки инициации специ-

фической нейротрофической терапии у больных с сахарным диабетом, что уменьшит вероятность развития поздних осложнений (синдром диабетической стопы и другие трофические нарушения) и последующей инвалидизации пациентов.

### Литература

1. Осложнения сахарного диабета (клиника, диагностика, лечение, профилактика) [Электронный ресурс]: руководство / Эндокринолог. Науч. Центр РАМН; М. Б. Анциферов [и др.]. – М., 1995. – 27 с. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/403512/>. – Дата доступа: 27.02.2018.

2. Джанашия, П. Х. Лечение диабетической нейропатии / П. Х. Джанашия, Е. Ю. Мирина, О. Р. Галиева // РМЖ. Клинические рекомендации и алгоритмы для практикующих врачей. Социально-значимые заболевания. – 2005. – Т. 13, № 10. – С. 648–652.

3. ГОСТ Р ИСО 13091–2–2008. Вибрация. Пороги вибротактильной чувствительности для оценки дисфункции нервной системы. – Ч. 2: Анализ и интерпретация результатов измерений на кончиках пальцев рук. – Введ. 01.09.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 25 с.

4. Мохорт, Т. В. Диабетическая полинейропатия (патогенез, клиника, диагностика, лечение): метод. рекомендации / Т. В. Мохорт, Д. И. Ромейко. – Минск: «ДокторДизайн», 2008. – 35 с.

5. Шишкова, В. Н. Перспективы применения препарата Актювегин у пациентов с метаболическим синдромом и предиабетом. Современные представления о нарушениях углеводного обмена / В. Н. Шишкова // РМЖ. Эндокринология. – 2007. – Т. 15, № 27. – С. 2066–2074.