

ADDA [3]. Однако для расчёта оптических характеристик форменных элементов крови наиболее подходит ADDA, так как ADDA уже содержит в исходном коде методы для построения двояковогнутого дискоита (эритроцит), диска (тромбоцит) и каоксиальных сфер (лейкоцит). Так же ADDA, в отличие от DDSCAT, даёт возможность использовать для дискретизации рассеивающего объёма не только кубы, но и прямоугольные параллелепипеды, что даёт возможность учитывать особенности формы частицы (в частности, это заметно ускорило вычисления для тромбоцита). Модификация ADDA для прямоугольных диполей находится в доработке, поэтому её необходимо скачивать не с основной ветки разработки, а по ссылке [http://code.google.com/p/a-dda/source/browse/branches/rectangular\\_dipole](http://code.google.com/p/a-dda/source/browse/branches/rectangular_dipole).

Авторами исследована эффективность работы ADDA с использованием прямоугольных диполей по отношению к кубическим. Определена область применения, в которой использование прямоугольных диполей уменьшает время вычислений и используемый объём памяти.

Было проведено моделирование светорассеяния тромбоцитов, эритроцитов и лейкоцитов. Показано, что применение прямоугольных диполей для определения оптических характеристик привело к сокращению времени расчета и используемой памяти для тромбоцитов в примерно 25 раз при той же точности, для эритроцитов – в разы при той же точности. Применение модифицированной ADDA с использованием прямоугольных диполей для лейкоцитов нецелесообразно ввиду их сферичности.

#### *Литература*

1. Кугейко М.М., Смунев Д.А. Метод определения асферичности и микрофизических параметров эритроцитов по коэффициенту направленного, Оптика и спектроскопия, 2014, том 117, № 4, с. 170–176
2. **Draine BT**, Flatau PJ. User guide for the discrete dipole approximation code DDSCAT 7.3 [Internet]. 2013. Available from: [http://ddscat.googlecode.com/files/ddscat7.3.0\\_UserGuide\\_130529.pdf](http://ddscat.googlecode.com/files/ddscat7.3.0_UserGuide_130529.pdf).
3. **Yurkin MA**, Hoekstra AG. User manual for the discrete dipole approximation code ADDA 1.3b4. 2014.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ МЕТОДОМ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

*Д.В. Кудрицкий<sup>1</sup>, В.В. Евтушенко<sup>2</sup>, М.В. Гольцев<sup>1</sup>, М.В. Давыдов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> УО «Белорусский Государственный Медицинский Университет», пр. Дзержинского 83, 220116, г. Минск, Беларусь.

E-mail: kudrikmed@gmail.com

<sup>2</sup> УО «Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники», ул. П.Бровки 6, 220013, г. Минск, Беларусь.

E-mail: expassion@gmail.com

Abstract. The aim of the investigation is to develop techniques which qualitatively and quantitatively determine the changes of vibration sensitivity in distal polyneuropathy. PURPOSE: To develop a device concept, the development of hardware and software parts, creating a prototype, database creation and development of automated diagnostics. As the result of the investigation, the device for vibration sensitivity was developed and created. The gadget is simple in use, reliable, mobile.

В развитых европейских странах распространенность сахарного диабета составляет 3–10 % общей численности населения, а среди лиц с факторами риска и у пожилых людей достигает 30 %, при этом впервые диагностированный сахарный диабет (СД) составляет 58–60 % от общего количества больных. Так, по оценкам экспертов ВОЗ, в 1995 г. боль-

ных СД было 135 млн, а уже в 2001 году их число достигло 175,4 млн, в 2005–2010 годах составило 200–239,4 млн человек, а к 2025 году это число возрастет до 300 миллионов и к 2030 году достигнет 366 млн человек, в основном за счет больных, страдающих СД 2-го типа, на долю которого приходится 6–7 % общей популяции [1].

Диабетическая полинейропатия является наиболее ранним и частым осложнением СД и, наряду с ангиопатией нижних конечностей, занимает ведущее место в патогенезе диабетической стопы. Синдром диабетической стопы встречается у 30-80% больных СД. Распространенность диабетической полинейропатии колеблется от 10 до 100% [2]. Частота периферической нейропатии при СД 1-го типа составляет 13-54%, при СД 2-го типа – 17-45%. Расхождения данных о частоте диабетической полинейропатии связаны с трудностью диагностики имеющихся нарушений и зависят от метода обследования. При манифестации СД у 7% больных уже имеются определенные признаки диабетической нейропатии. Через 10 лет от начала заболевания они выявляются у 25% больных, через 25 лет – у 50% [3]. Полинейропатия обнаруживается у 25% больных со стойкой компенсацией обмена, а при декомпенсации СД – у 79% больных.

Исследование вибрационной чувствительности – наиболее прямой и характерный метод оценки функций тонких немиелинизированных нервных волокон. Он используется для ранней диагностики периферической полинейропатии любого генеза, прежде всего диабетического, токсического, центральных и периферических болевых синдромов, аутоиммунных заболеваний, митохондриальных болезнях, а также в области гигиены труда и профессиональных заболеваний для диагностики симптомов вибрационной болезни. Из вышеперечисленных нозологических форм в настоящее время наиболее актуальным является скрининг и стратификация диабетической полинейропатии. Существует несколько гипотез о природе вибрационной чувствительности: переходная форма от тактильной чувствительности к слуховой; субмодальность проприоцептивной чувствительности; как чувствительность, свойственную всем тканям организма. Диапазон вибрационной чувствительности весьма широк: от 1 до 10 000 Гц; наиболее высока чувствительность к частотам 200-250 Гц [4].

Таким образом, целью работы стала разработка методики определения степени диабетической полинейропатии путем детектирования изменения вибрационной чувствительности и моделирование соответствующего устройства.

В предложенной методике было использовано следующее программное обеспечение: Proteus 7.0 (ISIS, AES), Flowcode 4,0 Professional, CodeVisionAVR 2.3, AutoCAD 2012. Статистический анализ проведен с помощью ПО Statistika 8.0.

Модель устройства определения степени диабетической полинейропатии методом изменения вибрационной чувствительности реализовано на микроконтроллере Atmega 32 (Atmel). Программа контроллера написана на языке С. В предложенном устройстве используется цифро-аналоговый преобразователь лестничного типа с точностью 16 бит. Для усиления сигнала используется ОУ МС34119. В качестве датчика используется пьезоэлектрический элемент. Полученные данные могут выводиться на символьный 16x2 ЖК дисплей или передаваться в персональный компьютер по USB протоколу.

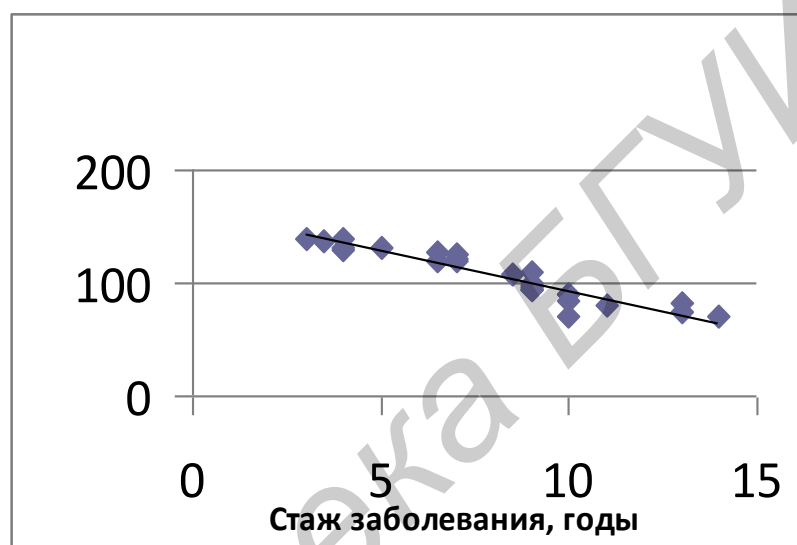
Устройство позволяет количественно определять вибрационную чувствительность на частотах 16, 32, 64, 125, 250 и 500 Гц в автоматическом и полуавтоматическом режимах. Также устройство имеет встроенную функцию самоочистки рабочей поверхности датчика, основанную на эффекте кавитации.

С целью установления диагностических критериев было проведено исследование, в котором при добровольном информированном согласии приняли участие 28 человек с СД 2-го типа. Средний возраст испытуемой группы составил  $48 \pm 12,6$  лет. Соотношение по полу М:Ж=1:1,4. Контрольную группу составили 50 здоровых волонтеров, средний возраст  $21 \pm 4,8$  лет, соотношение по полу М:Ж=1:1. Анализировались анамнестические дан-

ные испытуемых, результаты физикального осмотра, данные лабораторно-инструментальных исследований. Из исследования исключались пациенты с заболеваниями щитовидной железы, очаговой неврологической симптоматикой, заболеваниями позвоночника, злоупотребляющие алкоголем.

У испытуемых, страдающих СД2, отмечалось снижение вибрационной чувствительности по сравнению с контрольной группой (критерий Манна-Уитни,  $p < 0,001$ ). В группе испытуемых, предъявляющих жалобы (боль в покое, парестезии), вибрационная чувствительность достоверно ниже, чем во всей группе обследуемых больных (критерий Манна-Уитни,  $p < 0,02$ ).

Зависимость между стажем заболевания СД 2-го типа и снижением вибрационной чувствительности приведены на рисунке 1.



**Рисунок 1** – График корреляции вибрационной чувствительности и стажа заболевания СД 2,  $r$  (Spearman) = -0.9427,  $p=0.001$ .

По результатам обработки литературных данных и данных, полученных в ходе исследования на контрольной группе, были установлены критерии нормы и патологии для предложенного метода.

Проведенные исследования показали, что предложенный метод и модель устройства удобны в использовании, оборудование надежно и мобильно, возможно его применение как в стационаре, так и в амбулаторных условиях. Для выявления критериев формирования автоматических заключений необходимо создание базы данных виброметрических исследований, что проводится в настоящее время.

#### *Литература*

1. Алгоритмы диагностики и лечения болезней эндокринной системы. Под редакцией И.И.Дедова. -М., 1995.
2. **Строков И.А.**, Аметов А.С., Козлова Н.А., Галеев И.В. // Русский медицинский журнал. - 1998. -№ 12. -С. 797-801.
3. **Sims DS.**, Cavanagh PR., Ulbrecht YS.//The J.Amer. Physical Therapy Assn.-1988.-Vol.68.-# 12.-P.1887-1901.
4. **Галстян Г.Р.** // Новый медицинский журнал. -1998. -№ 2. -С.16-22.