

УДК 681.2.08

DOI: 10.22213/2410-9304-2021-4-18-25

Пилотное исследование динамики изменения электрического сопротивления точек акупунктуры с помощью измерительных генераторов заданной электрической мощности

А. Ю. Демин, доктор технических наук, доцент, УГАТУ, Уфа, Россия

Т. П. Тырнова, кандидат медицинских наук, доцент, клиника семейной остеопатии проф. Ю. О. Новикова, Уфа, Россия

Ф. А. Гизатуллин, доктор технических наук, профессор, УГАТУ, Уфа, Россия

Г. В. Миловзоров, доктор технических наук, профессор,

СПИ (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Сарапул, Россия

Д. Ю. Пашали, кандидат технических наук, доцент, УГАТУ, Уфа, Россия

В статье представлены результаты эксперимента по проверке различных гипотез о биоритмах активности акупунктурных меридианов путем анализа результатов измерений электрического сопротивления в точках акупунктуры. В известных исследованиях измерения проводятся с помощью аппаратной базы методов Накатани и Фолля, а также их модификаций и различных вариантов биоимпедансных методов. Подобные подходы не позволяют организовать в случае биологически активных точек, имеющих разное электрическое сопротивление, одинаковое энергетическое возмущение, вносимое в объект в процессе измерения, и, соответственно, получить достаточную достоверность и воспроизводимость результатов. При анализе биоритмов точек акупунктуры другими исследователями не принимается во внимание влияние часовых поясов и других факторов, вносящих вклад в сдвиг местного времени от времени солнечной активности. Расчетные интервалы, полученные по разным методикам определения времени активности, могут даже не пересекаться. Авторы постарались избежать недостатков, обнаруженных в ранее проведенных исследованиях по мониторингу электрического сопротивления в точках акупунктуры. Измерения выполнялись при помощи двухканальной измерительной системы на основе измерительного генератора заданной электрической мощности. Зарегистрировано уменьшение электрического сопротивления в точке акупунктуры С7 в рассчитанном диапазоне активности меридиана сердца. Проведенный анализ экспериментальных данных подтверждает правильность использования уточненной методики расчета времени активности акупунктурных меридианов с привязкой к моментам восхода и заката солнца. Уменьшение электрического сопротивления носит различный характер для разных возрастных групп. Использование измерительных генераторов с воздействием заданной электрической мощностью позволяет получить новые данные о биологических объектах, за счет осуществления режима измерения с фиксированным воздействием значением электрической энергии, не зависящим от сопротивления объекта.

Ключевые слова: заданная электрическая мощность, измерение электрического сопротивления, биоэлектрические явления.

Введение

Известен ряд работ отечественных и зарубежных ученых, посвященных мониторингу электрического сопротивления точек акупунктуры, но нет однозначных результатов, позволяющих подтвердить биоритмы энергетических каналов и справедливость отдельной методики расчета времени их активности. Используемая как отечественными, так и зарубежными учеными аппаратная база методов Фолля и Накатани не позволяет обеспечить достаточный уровень воспроизводимости результатов измерения электрического сопротивления биологических объектов в точках акупунктуры.

Цель исследования – экспериментальное обоснование наиболее правильной методики

для определения временного диапазона активности акупунктурных меридианов с помощью измерительной системы на основе измерительного генератора заданной электрической мощности, позволяющей повысить эффективность диагностики и лечения методами традиционной китайской медицины.

Методы исследования: добровольцы без выраженных патологий в исследуемых меридианах от 20 до 42 лет. Для измерения электрического сопротивления применялся измерительный генератор заданной электрической мощности 40 мВт [1] с двухэлектродной схемой измерения электрического сопротивления в составе измерительной системы с микроконтроллерным управлением. Структура двухка-

нальной измерительной системы приведена на рис. 1. Информация об электрических параметрах (сопротивлении и электрическом токе, отдаваемом биотканью при подключении электродов к измерительному преобразователю с малым входным сопротивлением – режим «короткого замыкания») получается с помощью двух блоков, поочередно подключаемых к измерительным электродам с помощью блока коммутации 6 на основе низкоомных ключей, управляемых через микроконтроллер 4.

Блок измерительного генератора заданной электрической мощности 1 обеспечивает воздействие заданной электрической мощностью (40 мкВт) на биоткань и измерение электрического сопротивления биообъекта в этом режиме. В ПЭВМ 5 через последовательный интерфейс 3 (USB) с аналого-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллера 4 вводятся значения

измеряемых электрических тока и напряжения (в виде числа отсчетов АЦП). Блок преобразователя ток-напряжение 2 обеспечивает получение режима короткого замыкания электродов. При его подключении к биоткани на АЦП микроконтроллера 4 поступает напряжение, пропорциональное электрическому току через биоткань. Источник вторичного электропитания 7 обеспечивает все электронные узлы электрической энергией. Он гальванически развязан от цепей питания ПЭВМ и выполнен в соответствии с требованиями электробезопасности к аппаратуре медицинского назначения. В системе предусмотрен вариант работы без подключения к компьютеру, в этом случае информация выводится на стрелочные индикаторы 8 с помощью сигналов с широтно-импульсной модуляцией с выводов микроконтроллера.

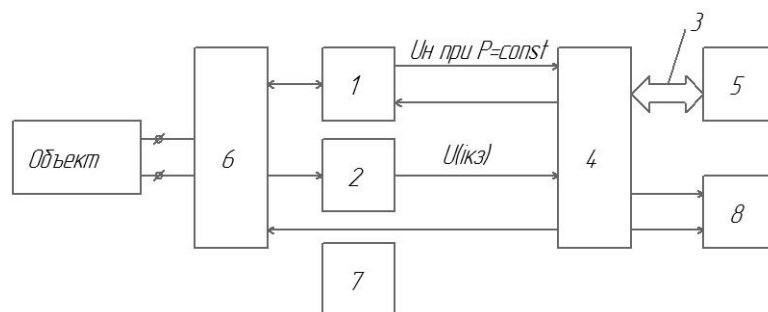


Рис. 1. Структура двухканальной измерительной системы с измерительным генератором заданной электрической мощности, работающей совместно с ПЭВМ

Fig. 1. The structure of a two-channel measuring system with a measuring generator of a prescribed electrical power, working in conjunction with a PC



Рис. 2. Двухканальная измерительная система в комплекте с электродами

Fig. 2. Two-channel measuring system complete with electrodes

Процесс измерения происходит следующим образом: к исследуемой точке акупунктуры прикладывается активный электрод, через который происходит воздействие заданным значением электрической мощности (40 мкВт), пассивный электрод находится в ладони руки

с противоположной стороны тела обследуемого. Регистрируется значение падения электрического напряжения на объекте, которое в виде числа отсчетов АЦП через последовательный порт поступает на компьютер, выводится на экран и автоматически заносится в пакет электронных

таблиц *Excel*, где и производятся в дальнейшем расчет электрического сопротивления точки и его отклонений за временной интервал наблюдений.

Проблемы получения достоверной информации об электрических параметрах и временной активности точек акупунктуры

В ходе обзора источников по данной проблематике было выявлено, что в большинстве исследований электрического сопротивления точек акупунктуры используются аппаратные решения на основе методов Фолля или Накатани [2–4], а также устройства, работающие в режиме заданного тока, которые не могут обеспечить необходимую достоверность получаемых результатов [5–8]. Возникают варианты измерительных устройств с измерением биоимпеданса [9, 10], в том числе на основе интегральных схем типа *AFE* [11]. Предлагаются варианты измерительных систем для построения вольт-амперных характеристик точек акупунктуры с помощью токовых посылок ступенчатой формы (в диапазоне токов от -30 до $+30$ мкА) и с циклическим воздействием токами разной полярности [12–14].

Мы выявили в проведенных ранее исследованиях ряд недостатков, которых постарались избежать в нашем эксперименте.

В исследовании авторов из Кореи (Bae Jang-Nan и др., 2019 г.):

- применяются аппаратные решения метода Накатани, при которых задействованная при измерении электрическая мощность в объекте меняется более чем вдвое при изменении электрического сопротивления от 10 до 450 кОм, что не позволяет обеспечить высокую воспроизводимость и достоверность получаемых данных;

- биоритмы отслеживались по сумме электрического сопротивления для точек на руках и ногах – поэтому нет возможности выделить ритм для какого-либо одного меридиана.

В исследовании, проведенном нами ранее в 2018 г. [15]:

- принималось во внимание среднее значение электрического сопротивления точки акупунктуры (для электрических мощностей 55 и 112 мкВт соответственно). Обычно при относительно малых значениях мощностей воздействия (10–150 мкВт) электрическое сопротивление точки акупунктуры увеличивается при возрастании мощности воздействия, но бывают и исключения;

- для анализа динамики изменения электрического сопротивления точек акупунктуры использовались абсолютные значения;

- для расчета временного интервала активности меридиана для полуночи использовалось значение 0 часов 0 минут;

- перед измерением проводилось увлажнение точки акупунктуры физраствором и затем применялись «сухие» электроды, что может приводить в ряде случаев к завышенным значениям электрического сопротивления точек акупунктуры (относительно измерений с «влажным» электродом или с применением увлажнения электропроводящим гелем, которые дольше обеспечивают хороший электрический контакт).

В исследовании авторов из Китая (Lee YC и др., 2018 г.):

- применяются аппаратные решения *AMEDS* (*Aeto Technology, Taiwan*), рабочее электрическое напряжение 3,7 В, ток замкнутых электродов 200 мкА;

- использовалась гипотеза о равномерных временных диапазонах активности для всех меридианов;

- подтверждения гипотезы в ходе анализа результатов измерения электрического сопротивления точек акупунктуры добиться не удалось (исследователи объясняют это с малым объемом группы и тем, что она состояла из здоровых испытуемых).

По результатам проведенного обзора публикаций и разбора недостатков предыдущих исследований можно сделать следующие выводы:

- изменение электрического сопротивления в точках акупунктуры представляет собой сложное наложение ритмов и имеет комплексную суточную и годовую ритмику;

- в точках акупунктуры изменение электрического сопротивления происходит приблизительно по недельному циклу, соответствующему полупериодам 14-суточного ритма силы и полярности магнитного межпланетного солнечного поля;

- исследования циркадных ритмов электрического сопротивления в точках акупунктуры с хорошо воспроизводимыми результатами и привязкой ко времени активности акупунктурных меридианов отсутствуют;

- указываемые без привязки к времени, дате и месту результаты измерения вызывают значительные трудности и противоречия при сравнении данных, получаемых разными авторами;

- необходимо выполнение экспериментального исследования электрического сопротивления точек акупунктуры в динамике с привязкой ко времени восхода и заката солнца в конкретной точке местности.

Результаты

Измерение электрического сопротивления выполнялось в точках акупунктуры (применяемых в методике Накатани) на руках и ногах, относящихся к меридианам легких, перикарда, сердца, тонкого кишечника и селезенки – $H1(P9)$, $H2(MC7)$, $H3(C7)$, $H4(IG4)$ и $F1(RP3)$ соответственно. Расположение исследуемых точек акупунктуры указано на рис. 3.

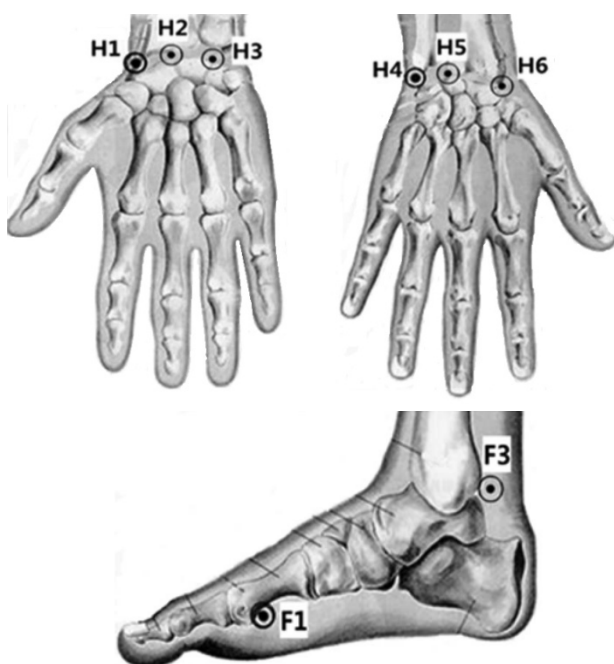


Рис. 3. Расположение исследуемых точек акупунктуры

Fig. 3. Layout of the studied acupuncture points

Цилиндрические измерительные электроды изготовлены из латуни. Активный электрод в виде щупа с полостью для увлажняющего геля или тампона с физраствором (площадь контакта 27 мм^2) и пассивный электрод (площадь контакта более 40 см^2) увлажнялись контактным гелем «Униагель».

Измерения выполнялись с воздействием заданной электрической мощностью 40 мкВт . В каждой точке акупунктуры регистрировалось четыре значения через $0,5\text{--}1 \text{ с}$ (значения, отличающиеся от среднего для серии на 10% и более, отбрасывались как промахи), затем находилось среднее значение. В случаях сильного разброса значений, вызываемого изменением положения электрода, измерение производилось повторно. Погрешность измерения электрического сопротивления для диапазона $22\text{--}450 \text{ кОм}$ составляет менее 5% .

Максимальное значение тока, воздействующее на биообъект, в нашем случае 43 мкА (в методе Накатани в несколько раз больше).

С измерительной системы через последовательный порт передаются данные о напряжении на нагрузке в формате количества отсчетов АЦП N , которые затем преобразуются в значение электрического сопротивления R_{TA} (в кОм):

$$R_{TA} = 0,0008 \cdot N^2 - 0,1036 \cdot N + 11,425 \quad (1).$$

Для уточненного расчета времени активности меридианов по методике, изложенной в работе Вогралика (1988) с учетом времени восхода и заката солнца, сутки разбиваются на 4 временных интервала, разделенных на 6 частей каждый: от заката ($T_{\text{зак}}$) до полуночи (коэффициент А), от полуночи до восхода (коэффициент Б), от восхода до полудня (коэффициент В) и от полудня до заката (коэффициент Г). Тогда:

$T_{\text{зак}} + A$ – время начала активности каналов перикарда;

$T_{\text{зак}} + 3A$ – время начала активности канала «тройного обогревателя»;

$24 \text{ ч} - A$ – время начала активности канала желчного пузыря;

Б – время начала активности канала печени;

$3B$ – время начала активности канала легких;

$T_{\text{восх}} - B$ – время начала активности канала толстой кишки;

$T_{\text{восх}} + B$ – время начала активности канала желудка;

$T_{\text{восх}} + 3B$ – время начала активности канала селезенки и поджелудочной железы;

$12 - B$ – время начала активности каналов сердца;

$T_{\text{зак}} - \Gamma$ – время начала активности канала почек;

$12 + \Gamma$ – время начала активности канала толстой кишки;

$12 + 3\Gamma$ – время начала активности канала мочевого пузыря.

В этом случае для двух меридианов – почек и толстого кишечника – время активности всегда составляет по 2 часа, а для остальных изменяется в зависимости от даты.

Однако привязка расчетного времени активности к местному времени 12.00 и 24.00 (полдень и полночь соответственно) также выглядит не очень убедительно, т. к. разница между средним солнечным полднем и 12.00 для городов СНГ может составлять от -32 до $+89$ минут (что в ряде случаев превышает временные диапазоны активности меридианов). Поэтому в работе для расчета использовались значения полночи и полудня как половины интервала между закатом и восходом солнца, в этом случае только для меридиана почек время активности всегда составляет по 2 часа.

Результаты расчетов времени активности по уточненной методике приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета времени активности меридианов для 25 мая 2018 г. с учетом времени восхода и заката солнца

Table 1. Calculation of the time of activity of the meridians for May 25, 2018, taking into account the time of sunrise and sunset

Меридиан	Время активности (час:мин)	Точка	Интервал активности		
			уточненный от и до (час:мин)		равномерный часы (от и до)
Перикард	1:13	H2	22:08	23:22	19-21
Тройной обогреватель	1:13	H5	23:22	0:36	21-23
Желчный пузырь	1:26	F5	0:36	2:02	23-01
Печень	1:38	F2	0:49	2:27	01-03
Легкие	1:38	H1	2:27	4:05	03-05
Толстой кишки	2:12	H6	4:05	6:18	05-07
Желудок	2:46	F6	6:18	9:04	07-09
Селезенка	2:46	F1	9:04	11:50	09-11
Сердце	2:46	H3	11:50	14:36	11-13
Тонкий кишечник	2:46	H4	14:36	17:22	13-15
Мочевой пузырь	2:46	F4	17:22	20:08	15-17
Почки	2:00	F3	20:08	22:08	17-19

Результат измерений добровольца № 2 представлен в табл. 2.

Таблица 2. Результаты измерения электрического сопротивления, кОм (доброволец № 2 25 мая 2018 г.)

Table 2. Results of measuring electrical resistance, kOhm (volunteer No. 2 May 25, 2018)

Время	H1(P9)	H2(MC7)	H3(C7)	H4(IG4)	F1(RP3)
10:40	77	88	145	152	59
10:55	101	105	95	155	58
11:10	131	142	138	191	57
11:25	94	110	144	196	56
11:40	85	97	89	200	50
11:55	83	120	67	186	50
12:10	93	106	122	193	50
12:25	112	142	92	151	53
12:40	84	123	96	172	50
12:55	95	146	92	168	49
13:10	90	139	91	169	55
13:25	74	124	86	157	59
13:40	81	121	215	173	61
13:55	81	123	194	179	60
Среднее	92	120	119	174	55

По результатам измерения определялось среднее значение электрического сопротивления электрического сопротивления точки акупунктуры и формировалась таблица с отклоне-

ниями сопротивления в % для каждой точки в конкретный момент времени. На диаграмме (рис. 4) показано изменение отклонения для исследуемых точек во времени.

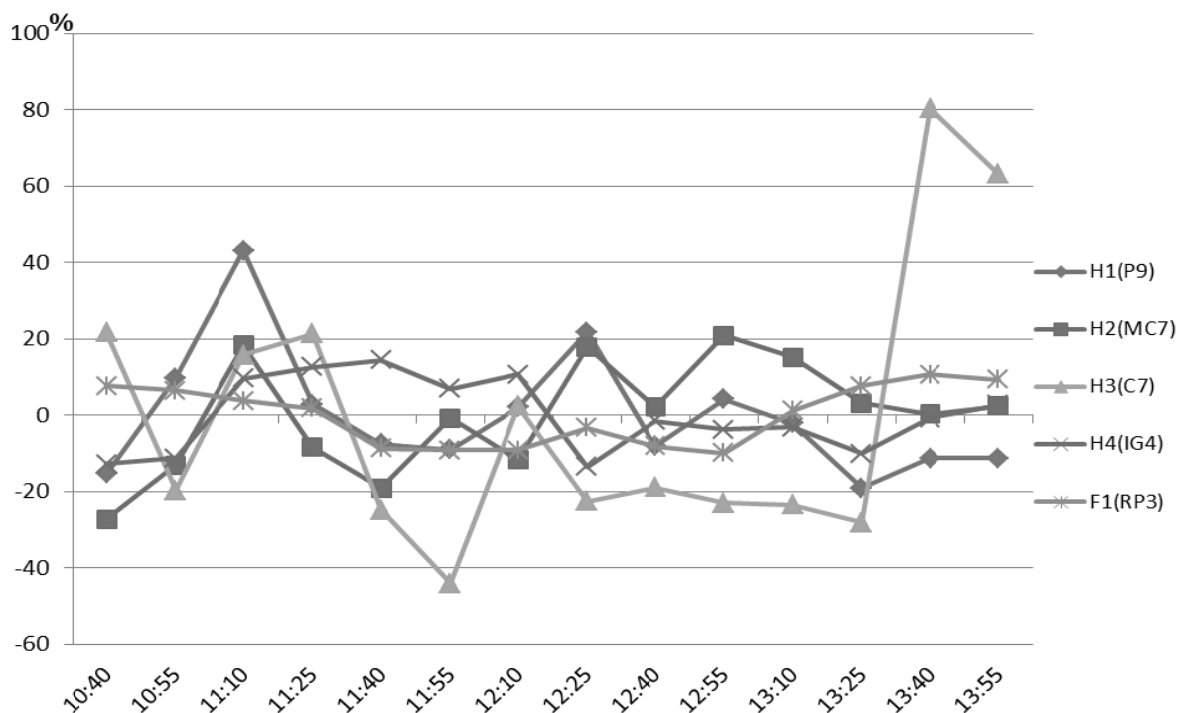


Рис. 4. Отклонения электрического сопротивления точки акупунктуры от ее среднего значения в % во времени
Fig. 4. Deviation of the electrical resistance of the acupuncture point from its average value in % over time

Анализ результатов

В ходе исследования на четырех добровольцах выявлено уменьшение электрического сопротивления в интервале активности меридиана сердца, рассчитанном по уточненной методике, с учетом времени восхода и заката солнца, подтверждающее гипотезу о циркадном ритме циркуляции энергии. Снижение электрического сопротивления до 10 % от среднего значения для конкретной точки учитывалось (погрешность измерения измерительного генератора заданной электрической мощности менее 5 %).

Предполагаются возможные особенности суточных ритмов изменения электрического сопротивления точек акупунктуры:

- для испытуемых относительно молодой группы (20–24 года) снижение электрического сопротивления в момент активности меридиана состоит из ряда (менее 20 % относительно среднего значения), занимающего ~60 % от расчетного времени;

- для испытуемых относительно взрослой группы (старше 40 лет) снижение электрического сопротивления в момент активности меридиана состоит из одного минимума (более 20 % относительно среднего значения), занимающего ~25–30 % от расчетного времени.

Для контрольных точек акупунктуры уменьшение электрического сопротивления вне интервала активности меридианов носило единичный характер.

Выводы

Для расчета интервала активности меридианов целесообразнее использовать уточненную методику расчета с данными о восходе и закате солнца в конкретной точке местности. Использование измерительных генераторов с воздействием заданной электрической мощностью позволяет получить новые данные о биологических объектах за счет осуществления режима измерения с фиксированным воздействием значением электрической энергии, не зависящим от сопротивления объекта. Планируется доработка измерительной системы в двух направлениях – в аппаратной части добавление функционала с возможностью использования нескольких значений заданной электрической мощности и цифрового дисплея для результатов вместо стрелочной индикации, в программной части – вывод результатов измерения не в виде числа отсчетов АЦП, а в единицах электрического сопротивления и тока соответственно, что упростит дальнейшую работу с получаемыми данными.

Библиографические ссылки

1. Gusev V. G., Mirina T. V., Tyrnova T. P. et al. Electrical properties of human skin: New data. *BIOPHYSICS* 59, 153–156 (2014). DOI 10.1134/S0006350914010023
2. Bae, Jang-Han & Ku, Boncho & Bae, Se-Eun & Kim, Jaek. (2019). Circadian variations in electric cur-

rent responses at ryodoraku points across the waking stage: A prospective observational study. *Medicine*. 98:e14688. DOI 10.1097/MD.0000000000014688.

3. Lee YC, Ng HP, Chang YH, Ho WC. The development and application evaluation of meridian energy detection system in traditional oriental medicine: a preliminary study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2018: 9469703. Published 2018 Aug 6. DOI 10.1155/2018/9469703

4. Любовцев В. Б., Спасова Н. В., Разумов А. Н. Роль акупунктурной системы во взаимодействии организма человека с межпланетным электромагнитным полем // Вестник Чувашского университета. 2008. № 2. С. 52–61.

5. Васильева Т. Ю., Любовцев В. Б., Спасова Н. В. Биоритмологические изменения электропроводности точек акупунктуры // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 3. С. 83–88.

6. Fontana, Andrea & Copetti, Massimiliano & Mazzoccoli, Gianluigi & Kypraios, Theodore & Pellegrini, Fabio. (2013). A linear mixed model approach to compare the evolution of multiple biological rhythms. *Statistics in medicine*. 32. DOI 10.1002/sim.5712.

7. Kovich, Fletcher. The Impedance Profile of Acupuncture Points. *Journal of Acupuncture Research*. 2018;35(3): P. 104-107. DOI 10.13045/jar.2018.00080.

8. Colbert AP, Spaulding K, Larsen A, Ahn AC, Cuiro JA. Electrodermal activity at acupoints: literature review and recommendations for reporting clinical trials. *J Acupunct Meridian Stud*. 2011 Mar;4(1):5-13. doi: 10.1016/S2005-2901(11)60002-2.

9. Korenevskiy, Nikolay & Mukhataev, Yu & Startcev, A. & Lazurina, L. (2017). A Multichannel Analyzer of Meridian Structures of the Human Body Based on AFE Interfaces. *Biomedical Engineering*. 50. DOI 10.1007/s10527-017-9664-0.

10. Aleksanyan G.K., Shcherbakov I.D., Kucher A.I., Sulyz A.V. Development of software monitoring module for multi-angle electric impedance tomography method research. *MATEC Web of Conferences*. 2018. P. 02024.

11. Ahn A.C., Colbert A.P., Anderson B.J., Martinsen Ø.G., Hammerschlag, R., Cina, S., Wayne, P.M. and Langevin, H.M. (2008), Electrical properties of acupuncture points and meridians: A systematic review. *Bioelectromagnetics*, 29: 245-256. <https://doi.org/10.1002/bem.20403>.

12. Диагностические системы на основе анализа вольтамперных характеристик биоактивных точек / Н. А. Корневский, С. А. Филист, О. В. Шаталова, К. Д. А. Кассим, В. В. Руденко // Биотехносфера. 2013. № 5 (29). С. 33–38.

13. Исследование проводимости биоматериалов в биоактивных точках при циклических воздействиях токами различной полярности / С. Е. Суржикова, Ю. Б. Мухатаев, Л. В. Плесканос, О. В. Шаталова // Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 9. С. 32–37.

14. Shatalova O., Filist S., Korenevskiy N., Al-Kasasbeh R.T., Shaqadan A., Protasova Z., Ilyash M., Rybochkin A. (2021) Application of fuzzy neural net-

work model and current-voltage analysis of biologically active points for prediction post-surgery risks, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. DOI: 10.1080/10255842.2021.1895128.

15. Демин А. Ю., Пашали В. М., Чудинов Д. Р. Исследование динамики изменения электропроводности точек акупунктуры // Science: discoveries and progress: Proceedings of articles the III International scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 2018, April, 28-29 - ISBN 978-80-7534-188-4 + ISBN 978-5-00090-136-6. Pp. 213-217/

References

1. Gusev V.G., Mirina T.V., Tyrnova T.P. et al. Electrical properties of human skin: New data. *BIOPHYSICS* 59, 153–156 (2014). DOI 10.1134/S0006350914010023.

2. Bae, Jang-Han & Ku, Boncho & Bae, Se-Eun & Kim, Jaeuk. (2019). Circadian variations in electric current responses at ryodoraku points across the waking stage: A prospective observational study. *Medicine*. 98:e14688. DOI 10.1097/MD.0000000000014688.

3. Lee YC, Ng HP, Chang YH, Ho WC. The development and application evaluation of meridian energy detection system in traditional oriental medicine: a preliminary study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2018: 9469703. Published 2018 Aug 6. DOI 10.1155/2018/9469703.

4. Lyubovtsev V.B., Spasova N.V., Razumov A.N. [The role of the acupuncture system in the interaction of the human body with the interplanetary electromagnetic field]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*. 2008. No. 2. Pp. 52-61 (in Russ.).

5. Vasil'eva T.Yu., Lyubovtsev V.B., Spasova N.V. [Biorhythmological changes in the electrical conductivity of acupuncture points]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2009. No. 3. Pp. 83-88 (in Russ.).

6. Fontana, Andrea & Copetti, Massimiliano & Mazzoccoli, Gianluigi & Kypraios, Theodore & Pellegrini, Fabio. (2013). A linear mixed model approach to compare the evolution of multiple biological rhythms. *Statistics in medicine*. 32. DOI 10.1002/sim.5712.

7. Kovich, Fletcher. The Impedance Profile of Acupuncture Points. *Journal of Acupuncture Research*. 2018;35(3): P. 104-107. DOI 10.13045/jar.2018.00080/

8. Colbert AP, Spaulding K, Larsen A, Ahn AC, Cuiro JA. Electrodermal activity at acupoints: literature review and recommendations for reporting clinical trials. *J Acupunct Meridian Stud*. 2011 Mar;4(1):5-13. DOI 10.1016/S2005-2901(11)60002-2.

9. Aleksanyan G.K., Shcherbakov I.D., Kucher A.I., Sulyz A.V. Development of software monitoring module for multi-angle electric impedance tomography method research. *MATEC Web of Conferences*. 2018. P. 02024.

10. Ahn A.C., Colbert A.P., Anderson B.J., Martinsen Ø.G., Hammerschlag R., Cina S., Wayne P.M. and Langevin H.M. (2008), Electrical properties of acupuncture points and meridians: A systematic review. *Bioelectromagnetics*, 29: 245-256. <https://doi.org/10.1002/bem.20403>.

11. Korenevskiy, Nikolay & Mukhataev, Yu & Startcev, A. & Lazurina, L.. (2017). A Multichannel Analyzer of Meridian Structures of the Human Body Based on AFE Interfaces. *Biomedical Engineering*. 50. DOI 10.1007/s10527-017-9664-0.
12. Korenevskii N.A., Filist S.A., Shatalova O.V., Kassim K.D.A., Rudenko V.V. [Diagnostic systems based on the analysis of current-voltage characteristics of bioactive points]. *Biotekhnosfera*. 2013. No. 5. Pp. 33-38 (in Russ.).
13. Surzhikova S.E., Mukhataev Yu.B., Pleskanos L.V., Shatalova O.V. [Research of the conductivity of biomaterials at bioactive points under cyclic exposure to currents of different polarity]. *Biomeditsinskaya radioelektronika*. 2016. No. 9. Pp. 32-37 (in Russ.).
14. Shatalova O., Filist S., Korenevskiy N., Al-Kasasbeh R.T., Shaqadan A., Protasova Z., Ilyash M., Rybochkin A. (2021) Application of fuzzy neural network model and current-voltage analysis of biologically active points for prediction post-surgery risks, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, DOI: 10.1080/10255842.2021.1895128.
15. Demin A.Yu., Pashali V.M., Chudinov D.R. *Issledovanie dinamiki izmeneniya elektroprovodnosti tochek akupunktury* [Study of the dynamics of changes in the electrical conductivity of acupuncture points]. Science: discoveries and progress: Proceedings of articles the III International scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 2018, April, 28-29. ISBN 978-80-7534-188-4 + ISBN 978-5-00090-136-6. Pp. 213-217 (in Russ.).

Pilot Study of Dynamics of Electric Resistance Change for Acupuncture Points by Means of Measuring Generators with Prescribed Electric Power

A. Yu. Demin, DSc in Engineering, Associate Professor, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

T. P. Tyrnova, PhD in Medicine, Associate Professor, Clinics of family osteopathy n.a. prof. Yu.O. Novikov, Ufa, Russia

F. A. Gizatullin, DSc in Engineering, Professor, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

G. V. Milovzorov, DSc in Engineering, Professor, Sarapul Polytechnic Institute (branch) of Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

D. Yu. Pashali, PhD in Engineering, Associate Professor, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

The paper presents the results of an experiment to test various hypotheses about the biorhythms of acupuncture meridian activity by analyzing the results of measurements of electrical resistance at acupuncture points. In known studies, measurements are carried out using the hardware base of the Nakatani and Voll methods, as well as their modifications and various variants of bioimpedance methods. Such approaches do not allow organizing, in the case of biologically active points with different electrical resistance, the same energy disturbance introduced into the object during the measurement process, and, accordingly, to obtain sufficient reliability and reproducibility of the results. When analyzing the biorhythms of acupuncture points, other researchers do not take into account the influence of time zones and other factors that contribute to the shift of local time from the time of solar activity. The calculated intervals obtained using different methods for determining the time of activity may not even intersect. The authors have tried to avoid the shortcomings found in previous studies on monitoring electrical resistance at acupuncture points. The measurements were carried out using a two-channel measuring system based on a measuring generator with the prescribed electric power. A decrease in electrical resistance at the C7 acupuncture point in the calculated range of activity of the heart meridian was registered. The analysis of the experimental data confirms the correctness of using the refined methodology for calculating the time of activity of acupuncture meridians with reference to the moments of sunrise and sunset. The decrease in electrical resistance is various for different age groups. The use of measuring generators with the effect of prescribed electrical power makes it possible to obtain new data on biological objects, due to the implementation of the measurement mode with a fixed effect of the value of electrical energy, independent of the resistance of the object.

Keywords: prescribed electrical power, electrical resistance measurement, bioelectric phenomena.

Получено: 02.08.2021