

## **МЕТОД ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ЯВЛЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ СРЕДНЕЙ ВЕЛИЧИНЫ ПРОВОДИМОСТИ В МИКРОЗОНАХ**

**О. П. Страхова, А. А. Рыжов**

*Запорожский государственный медицинский университет*

Важная исследовательская задача состоит в поиске интегрального критерия экспресс-оценки функционального состояния человека и его текущего изменения. Используемые для этой цели традиционные методы не всегда дают полную и легкую в интерпретации оценку функционального состояния обследуемого. Рассмотрены методы определения функционального состояния способом измерения кожной проводимости и существующие правила обработки полученных результатов. Показана разработка стратегии определения функционального состояния человека по электрокожным характеристикам его акупунктурных точек, или микрозон (ЭКХ МЗ).

**Ключевые слова:** акупунктура, электрокожные характеристики, микрозоны, функциональное состояние, статистика.

## **МЕТОД ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ ЯВИЩА СТАБІЛЬНОСТІ СЕРЕДНЬОЇ ВЕЛИЧИНИ ПРОВІДНОСТІ В МІКРОЗОНАХ**

**О. П. Страхова, А. А. Рыжов**

*Запорізький державний медичний університет*

Важливою є задача пошуку інтегрального критерію експрес-оцінки функціонального стану людини та його поточної зміни. Традиційні методи, що зазвичай використовуються для цієї мети, не завжди дають повну і легку для інтерпретації оцінку функціонального стану обстежуваного. В статті розглянуто методи визначення функціонального стану способом вимірювання шкірної провідності та існуючі правила обробки отриманих результатів. Показана розробка стратегії визначення функціонального стану людини за електрошкірними характеристиками її акупунктурних точок, або мікрозон. Дослідження функціонального стану людини за допомогою вимірювання електрошкірних характеристик мікрозон у «точках – джерелах меридіанів» привело до виявлення явища стабільності середньої величини електрошкірної провідності в цих точках. Взаємні співвідношення середніх величин провідності постійного струму окремих мікрозон між собою є стійкі і зберігаються у часі. Електрошкірні характеристики «точок – джерел» відображають поточний функціональний стан людини, тому їх вимірювання можна застосувати для знаходження відносної зміни стану людини в процесі будь-якої діяльності. Параметри функціонального стану людини, визначені за допомогою мікрозон, залежать від сезону, ступеня втоми, мають гендерні відмінності.

Пропонований спосіб обробки вимірів електрошкірних характеристик мікрозон є новим; він дозволяє визначити відносні зміни статусу окремих систем організму, а також проводити кількісні розрахунки таких змін.

Враховуючи нехаотичний взаємний відносний розподіл середніх значень електрошкірних характеристик мікрозон ми можемо припустити, що мікрозони дійсно існують; кожна з них має кілька інформативних параметрів (як зубці ЕКГ), їх параметри являють собою відображення шкірно-вісцеральних зв'язків. Можливо, це подання ще однієї регуляторної системи організму.

**Ключові слова:** голковколювання, електрошкірні характеристики мікрозон, функціональний стан, статистика.

## **METHOD OF ASSESSING A PERSON'S FUNCTIONAL STATE BASED ON THE PHENOMENON OF STABILITY THE CONDUCTIVITY AVERAGE IN MICRO-ZONES**

**O. P. Strakhova, A. A. Ryzhov**

*Zaporizhzhya State Medical University*

Important research task is to find the integral criterion of rapid assessment the person's functional state and its current changes. Used for this purpose, the traditional methods do not always provide a complete and easy-to-interpret description of this subject. The methods of determining the functional state by a measuring skin conductance and existing rules for

processing the results are considered here. Is illustrated a strategy for determining the functional state by electrocutaneous characteristics of acupuncture points, or micro-zones.

The investigation of human functional state by measuring the electrocutaneous characteristics of micro-zones led to the discovery of the phenomenon of the stability of the average value of the conductivity in electrodermal acupuncture "meridians source-point". Mutual relations between the average values of the individual electrocutaneous characteristics in micro-zones turned out to be a stable and persist over time. Electrocutaneous characteristics of micro-zones reflect the current functional state of a person, so their measurement can be used to find the relative change in the condition of the person in the course of any activity.

The functional state of a person depends on the season, the degree of fatigue, has gender differences.

The proposed method of processing the measurements of the electrocutaneous characteristics in micro-zones has novelty; it allows determining the relative changes in the status of the body individual systems, and to carry out the quantitative calculations of such changes.

Given the non-chaotic mutual relative distribution of electrocutaneous characteristics of micro-zones mean values, we can assume that the micro-zones actually exist; each of them has some informative parameters (like the teeth of the ECG) and are functional reflections of skin –and- visceral connections. Probably it is a representation of one more regulatory system of an organism.

**Key words:** acupuncture, electrodermal characteristics microzones, functional status, statistics.

**Введение.** Учебный процесс во всех образовательных заведениях ведется с применением информационно-коммуникационных технологий. Обучающиеся проводят за компьютером большую часть рабочего времени, сначала изучая учебный материал, затем выполняя практическое и домашнее задание. Это приводит к появлению специфического утомления глаз, спины, кистей рук – частей тела, наиболее нагруженных при работе за компьютером. Необходимо изучение влияния работы за компьютером на изменение функционального состояния студентов, на продуктивность учебного процесса, что может стать основой целенаправленной активизации способностей обучаемых. Поиск интегрального показателя оценки функционального состояния человека, работающего за компьютером, а также разработка простых методик его применения является актуальной задачей.

**Цель работы:** обоснование метода определения изменения функционального состояния человека по относительному изменению его ЭКХ МЗ.

**Материалы и методы.** Устройством измерения ЭКХ МЗ выбран прибор «Рада-5», ИЛ ТС ЭМС АНО «Радиооборонтест», Москва, с аналоговым индикатором. Измерение проводилось сухим точечным электродом. Сила тока  $1\div 20$   $\mu$ А, напряжение 9 В. Измерительный ток постоянный, отрицательной полярности.

Группа наблюдения представляла собой 157 человек – студентов медицинского вуза, 71 юноша и 86 девушек в возрасте 18–19 лет.

Контрольными МЗ в данном исследовании выбраны те же, что в методе Накатани: 24 МЗ – «источники» «меридианов», по 12 на правой и левой сторонах тела, по 6 на каждой конечности.

Рабочей нагрузкой было учебное занятие, проводимое в компьютерном классе, общей продолжительностью 4 академических часа. Вся работа, состоящая из изучения учебного материала, выполнения практической работы; ответов на вопросы итогового тестирования, проводилась только на компьютерах.

Статистическая обработка результатов измерений выполнена с помощью пакета программ STATISTICA 6.0, "StatSoft, Inc".

**Основная часть.** Основной проблемой обоснования достоверности результатов исследований ЭКХ МЗ является отсутствие специфичной морфологической структуры таких образований. На теле человека имеется большое количество низкоомных, по сравнению с окружающей кожной поверхностью, МЗ, но не все из них являются акупунктурными точками (Портнов Ф. Г., 1995): "При незначительных повреждениях эпидермиса в месте травмы сопротивление кожного покрова также снижается, но при соответствующем электропунктурном воздействии на эти области невозможно оказать влияние на функциональное состояние соответствующих органов и систем организма".

Специфические электрические свойства МЗ кожи нельзя считать следствием ее смачивания при потоотделении (пот представляет собой электролитический раствор), потому что они присущи кожному покрову не только человека, но и животных – крыс, кошек, собак, птиц, и даже тем из них, у которых отсутствуют потовые железы [1].

Известные методы оценки ЭКХ МЗ Фолля и Накатани [2–5] сходны по способу формулирования выводов о функциональном состоянии обследуемого, в основе которого лежит формирование «физио-

логического коридора нормы». Он рассчитывается исходя из среднего значения показаний всех МЗ организма конкретного человека при выполнении однократного измерения ЭКХ всех МЗ.

В методе Накатани [5] принято априорное предположение, что текущее функциональное состояние организма определяет одинаковую для всех МЗ величину электропроводности кожи в целом, а в здоровом организме все МЗ должны иметь одинаковую проводимость.

В исследованиях, проведенных Й. Накатани, было установлено, что МЗ «источники» некоторых меридианов всегда имеют устойчивые более или менее высокие значения проводимости, чем МЗ других меридианов. Чтобы выстроить «коридор нормы» в виде прямой полосы, ширина которой одинакова для всех МЗ, в поправочные коэффициенты для градуировки шкал добавили долю, вносимую собственно различиями показателей ЭКХ МЗ, отдельно для каждого меридиана. Ширина «коридора нормы» в этом методе превышает статистическую погрешность измерения; ее вычисление не объясняется.

В методе Фолля [3, 4] автор за норму принял середину измерительной шкалы, или 50 % от возможного максимума показаний прибора для данного обследуемого. «Коридор нормы» расположен в диапазоне от 50 до 65 единиц шкалы (или процентов). Показания ЭКХ МЗ ниже 50 и выше 65 единиц шкалы отнесены к проявлениям разной степени патологии.

Оба метода основаны на измерении ЭКХ смачиваемым электродом; применяемый для этого электролитический раствор вносит погрешность в результат измерения из-за собственной высокой проводимости. Оба метода основаны на предположении, что все МЗ здорового человека имеют одинаковую проводимость и сходный «коридор нормы». Оба метода характеризуются нестабильностью показаний, что делает оба метода неприменимыми для оценки относительных изменений функционального состояния.

**Дизайн исследования.** В основу исследования положено явление стабильности среднего значения ЭКХ в «точках-источниках» акупунктурных «меридианов» [6]. Взаимные соотношения средних величин отдельных МЗ между собой устойчивы и сохраняются во времени. ЭКХ МЗ отражают текущее функциональное состояние человека, поэтому их измерение можно применять для нахождения относительного изменения состояния человека в процессе какой-либо деятельности.

Для проведения исследования привлечены практически здоровые, по результатам профилактичес-

ких осмотров, студенты в ситуации стандартного учебного занятия в университете, которое проводится в компьютерном классе на кафедре медицинской информатики. В течение всего занятия участники исследования находятся в состоянии гиподинамии, сидя перед компьютерами. Усвоение теоретического материала, выполнение практического задания и контрольное тестирование требует от студентов интеллектуальных усилий.

Измерения ЭКХ МЗ участников проводились дважды на каждом занятии: до начала работы в компьютерном классе и после окончания занятия, итогового контрольного тестирования и получения оценок. Исследование проходило в течение трех лет, в разные сезоны года, но в одинаковое время суток: измерение до начала занятия проходило в 12.00–12.30; измерение ЭКХ МЗ после занятия – в 15.30–16.00.

Каждое измерение начиналось с калибрования шкалы прибора, т.е. адаптации измерительной шкалы к свойствам кожи каждого участника. Калибрование выполнялось путем выставления максимума показаний шкалы устройства в положение «100» при короткозамкнутых через тело обследуемого человека электродах. Затем проводилось измерение ЭКХ всех МЗ. Время измерения каждой контрольной точки составляло 2–5 секунд, до получения максимума показаний прибора в каждой данной МЗ. Сила нажатия на измерительный электрод регулировалась по субъективным ощущениям, не вызывая у обследуемого неприятного чувства избыточного давления на кожу. Результаты измерений ЭКХ МЗ отображены в таблице 1.

Строка такой таблицы содержит результаты однократного измерения параметров всех МЗ одного участника. Такая совокупность данных названа нами наблюдением. Число  $N$  равно количеству наблюдений. С одним участником исследования может быть в разное время проведено несколько наблюдений.

$N_i, i=1 \div 6$  – результаты измерений ЭКХ МЗ, расположенных на руках;  
на ногах.

В строке « $\Sigma$ » в каждой ячейке записана формула:

$$= \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N}; A \in [H, F]; i = 1 \div 6.$$

В каждом столбце этой таблицы находятся качественно однородные данные – ЭКХ одной МЗ, отражающей функциональное состояние определенной группы или системы органов. В каждой ячейке строки « $\Sigma$ » находятся средние значения ЭКХ одной МЗ для  $N$  наблюдений [6].

Таблица 1. Пример заполнения таблицы наблюдений

N	P (H1)	MC (H2)	C (H3)	IG (H4)	TR (H5)	GI (H6)	RP (F1)	F (F2)	R (F3)	V (F4)	VB (F5)	E (F6)
1	51	42	41	15	5	4	35	41	33	40	10	23
2	10	29	34	9	6	5	58	92	27	35	10	7
3	65	45	26	51	3	6	57	77	48	48	30	25
4	36	31	30	28	18	10	44	43	37	72	29	43
5	44	37	33	42	26	29	37	45	40	23	31	42
6...	27	17	17	7	9	5	32	72	33	32	12	28
65	38	65	51	48	35	36	37	35	43	40	33	42
Σ	32,09	33,75	24,67	23,20	9,98	11,86	59,53	61,72	33,06	55,78	18,45	27,21

**Результаты и их обсуждение.** В соответствии с предложенным методом представления и обработки данных, для каждой МЗ (столбец таблицы наблюдений) были вычислены основные числовые статистические характеристики: среднее, размах вариационного ряда, доверительный интервал, дисперсия, мода. Мы исключали априорное предположение, что у всех МЗ тела должно быть одинаковое значение проводимости. Благодаря кожно-висцеральным связям, ЭКХ каждой МЗ отражает функциональное состояние одного отдельного органа или системы [1].

Рассчитанные таким образом средние значения ЭКХ МЗ были визуализированы [7] (рис. 1). Изображенные здесь кривые представляют собой соединенные линией значения ЭКХ МЗ, отложенные в условных единицах измерительной шкалы; сначала 12 результатов измерений правой стороны тела, затем в такой же последовательности измерения ЭКХ МЗ левой половины тела. Названия МЗ, расположенные на горизонтальной оси графика, даны во французской классификации.

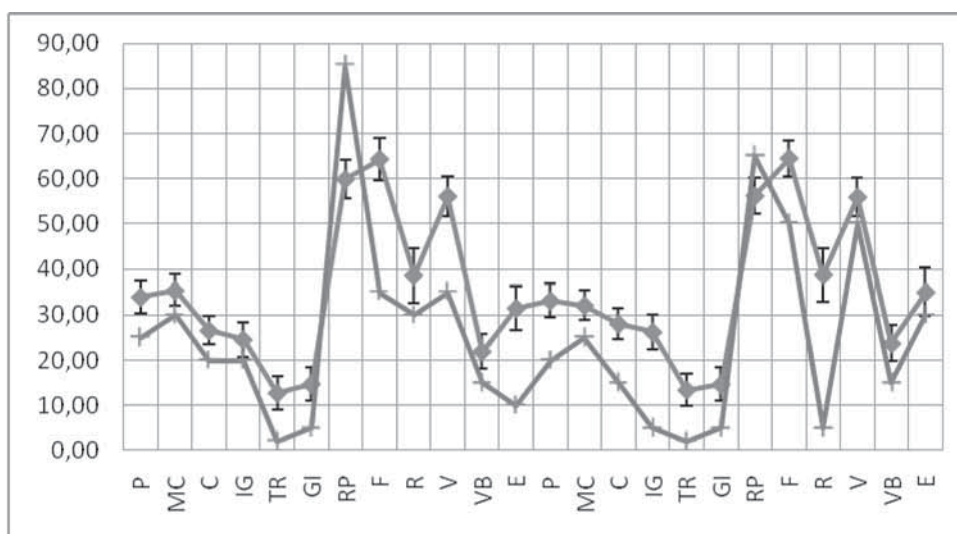


Рис. 1. График средних значений ЭКХ МЗ.

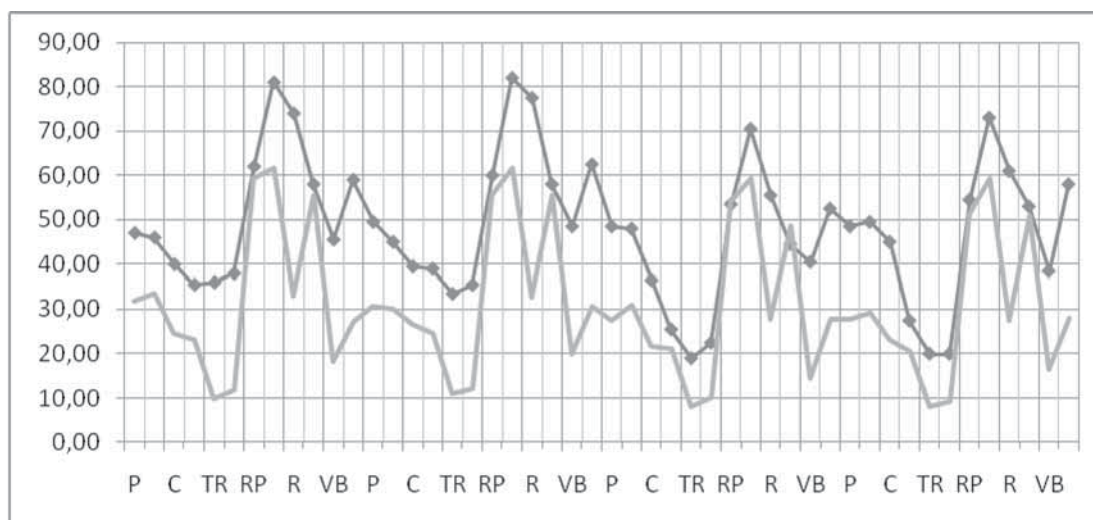
На приведенном графике изображено:

- линия с планками погрешностей – график средних значений ЭКХ МЗ, вычисленных для обследованной однородной по возрасту и виду деятельности группы лиц в количестве 74 человек в один сезон года;
- вторая линия – график ЭКХ МЗ одного человека.

При визуализации средних значений выяснилось, что правая часть графика средних значений группы, изображающая значения ЭКХ МЗ правой стороны тела, подобна левой стороне. График одного человека имеет определенный разброс относительно аналогичных точек на графике средних, выходящий за пределы доверительных интервалов средних значений в отдельных МЗ. Проведенные серии измере-

ний охватывали все сезоны года, разную температуру воздуха и состояние атмосферы. Исследование позволило определить также гендерные отличия

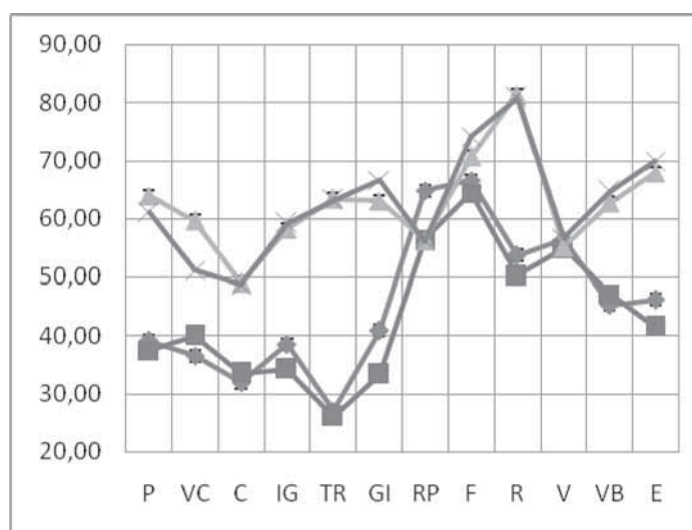
значений ЭКХ МЗ. Это особенно заметно при сравнении визуализированных средних значений ЭКХ, измеренных до и после занятия (рис. 2).



**Рис. 2.** Графики ЭКХ МЗ, измеренных до и после занятия (линия с маркерами – график ЭКХ МЗ юношей, без маркеров – ЭКХ МЗ девушек).

**Обсуждение результатов исследования.** Все серии измерений показывают устойчивое взаимное распределение средних значений ЭКХ МЗ. Это наблюдается и в гендерных группах, и в сезонных измерениях. Видно, что в каждом сезоне средние зна-

чения ЭКХ МЗ девушек стабильно ниже средних значений юношей. Графики девушек и юношей имеют максимумы в разных точках, однако подобны между собой, справа и слева (рис. 3).



**Рис. 3.** Сгруппированные графики.

(линия с маленькими квадратными маркерами – ЭКХ МЗ правой стороны тела у девушек; с большими квадратными – ЭКХ МЗ левой стороны тела у девушек; с треугольными маркерами – ЭКХ МЗ правой стороны тела у юношей; с крестообразными маркерами – ЭКХ МЗ левой стороны тела у юношей).

Отдельно показаны графики средних значений ЭКХ МЗ всех сезонных измерений, без учета гендерных различий участников. На рис. 4 хорошо видно, что

во все сезоны участки графиков, изображающие средние значения ЭКХ МЗ правой стороны тела, всегда подобны аналогичным участкам левой сто-

роны, и все обобщенные графики подобны друг другу. Зимний график имеет наибольший размах, летний график – наименьший. Однако вид кривой всегда сохраняется.

Изменения функционального состояния, возможно, следует оценивать по отклонению от среднего значения для данной МЗ, а не в абсолютных числах при однократном измерении ЭКХ МЗ, как это предлагается в методах Фолля и Накатани.

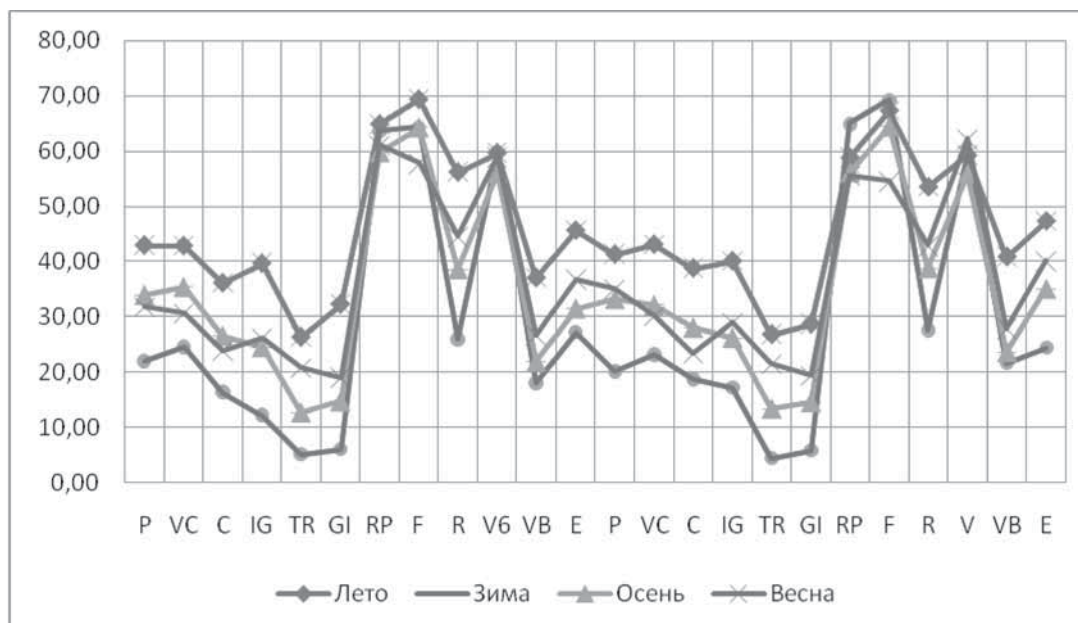


Рис.4. Сводные графики четырех сезонов измерений.

В результате проведенных измерений установлено, что:

- средние по обследованной группе лиц ЭКХ каждой МЗ в действительности имеют устойчивые значения, их параметры справа и слева в симметричных МЗ сходны по величине;
- ЭКХ МЗ зависят от сезона года, степени усталости, имеют гендерные отличия;
- статистически достоверной шириной «коридора нормы» для каждой МЗ является ее доверительный интервал.

**Выводы.** В результате проведенного исследования установлено:

1. Результаты измерений ЭКХ МЗ отражают взаимосвязь с изменением функционального состояния человека, вызванным 4-часовой работой за компьютером в рамках учебного занятия.
2. Предложенный метод обработки результатов измерений ЭКХ МЗ обладает новизной; позволяет определять относительные изменения функционального состояния отдельных систем организма, проводить количественные вычисления этих изменений.

Учитывая устойчивость, нехаотичность взаимного относительного распределения средних зна-

чений ЭКХ МЗ можно предположить, что МЗ действительно существуют; каждая из них обладает определенными информативными параметрами (как зубцы ЭКГ) и являются функциональными отражениями кожно-висцеральных связей. Возможно, речь идет о еще одной регуляторной системе организма [8].

Исследования изменения функционального состояния человека, проведенные с помощью методов регистрации ВСР, РВГ верхних конечностей, а также оценки ситуативной и личностной тревожности участников исследования одновременно с регистрацией ЭКХ МЗ, показали значительную корреляцию их результатов [9]. Для создания правил контроля изменения функционального состояния человека с помощью параметров ЭКХ МЗ, определения граничных уровней таких изменений, выработки способов коррекции изменений функционального состояния необходимо проведение его комплексных исследований в разных условиях, включающих традиционные методы функциональной диагностики и измерения ЭКХ МЗ, а также дальнейшее накопление результатов измерений ЭКХ МЗ. Сотрудники нашей кафедры продолжают разработку общих принципов предлагаемого метода.

**Література**

1. Портнов Ф. Г. Электропунктурная рефлексотерапия / Ф. Г. Портнов – Рига : Зинагне, 1982. – 311 с., ил.
2. Nakatani Y. Ryodoraku Akupuncture / Y. Nakatani, K. Yamashyta. – Japan. Tokyo, 1977. – 120 p.
3. Voll R. Verification of Acupuncture by Means of Electroacupuncture According to Voll / R. Voll // Acupuncture Research Conference. – 1977. – P. 5–15.
4. Крамер Ф. Учебник по электроакупунктуре в 2-х томах / М. : Имедис. – 1995. – Т. 1 – 173 с.; Т. 2 – 264 с.
5. Метод Накатани. Методические указания Минздрава РФ №2002/34.
6. Явление стабильности средней величины электрокожной проводимости по постоянному току в акупунктурных «точках-источниках меридианов» на теле человека: А.с.№ 56102 Украина, ГСАП / О. П. Страхова, А. А. Рыжов. – Заявлено 19.06.2014 №56504 : Опубл. 18.08.2014.
7. Халафян А. STATISTICA 6.0. Статистический анализ данных : учебник / А. Халафян. – М. : ООО “Бином-Пресс”, 2007. – 512 с.
8. Жирмунский А. В. Третья система регуляции функций организма человека и животных – система активных точек / А. В. Жирмунский, В. И. Кузьмин // Журнал общей биологии. – 1979. – Т. XL, № 2 – С. 176–189.
9. Страхова О. П. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек–компьютер» / О. П. Страхова, А. А. Рыжов // Клиническая информатика и телемедицина. – 2014. – Т. 10, Вып. 11. – С. 58–67.