

УДК 519.85

В. М. Лисогор, докт. техн. наук, проф.;**В. Г. Макац**, докт. мед. наук;**А. І. Власюк**

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АКТИВНОСТІ МЕРИДІАНІВ ЛЮДИНИ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

Вступ. Історичний аспект задач досліджень

Матеріал статті є прикладним і побудований в основному на матеріалах оригінальних досліджень [3, 4, 5] в області акупунктурної діагностики та реабілітаційної терапії. Результати досліджень будуть викладені в такій послідовності: коротка історична довідка щодо суті досліджень, неформалізоване викладення матеріалу, формалізоване інтерпретування задач досліджень.

Сучасні розробки концепції А. Л. Чижевського та В. І. Вернадського про тісний взаємозв'язок процесів у біосфері від космічних факторів підтверджують ідеї традиційної східної філософії та медицини про те що організм людини є частиною природи, мікрокосмосом, функціонування якого залежить від притоку та обміну енергією з макрокосмосом і він управляється тими ж силами та законами що діють у Всесвіті. Згідно давньосхідної медицини для нормального функціонування організму людини необхідна наявність специфічної енергії, яка отримала назву «чі» [1], що циркулює власними шляхами (лініями, каналами, меридіанами). Енергія «чі», згідно [2] — інтегральна функція всієї діяльності організму людини, його енергії, тону, «життєвості». Кожний орган, кожна система органів мають власне «чі», як проекцію обміну та функції в кожний конкретний момент. Рівнодійна всіх цих «чі» і складає «чі» організму в цілому. Стан здоров'я людини визначається нормальним співвідношенням енергії різних органів, а також рухом енергії в організмі.

Неформалізований опис задач досліджень

В роботі [3] нами запропонований термін — активність акупунктурної точки (АТ) або відповідного меридіану як інтегральний показник функційного стану меридіану або відповідної функціональної системи. В роботі [4] показано що як показник активності меридіану або відповідної АТ можна використати електричний потенціал даної точки. Умови та технічні засоби для вимірювання потенціалу, а також процедура визначення активності меридіанів детально показана в [3].

Розглянемо процедуру визначення активності меридіанів. Відомо кілька методів апаратного визначення енергетичного стану меридіанів. До них відноситься зокрема, метод Фоля, метод Накатані, методика ЦІТО запропонована А.І. Нечушкіним. Всі ці методи основані на вимірюванні електричного опору (провідності) постійному або змінному струму відповідних акупунктурних точок і визначенні за результатами даних вимірювань енергетичного стану системи меридіанів. Спільним недоліком даних методів є проведення активних вимірювань, під час яких на АТ подається електричний потенціал, що як мінімум на порядок перевищує власний біоелектричний потенціал АТ. При цьому через акупунктурну точку протікає тестовий електричний струм, який значно перевищує струми в акупунктурній системі.

Співавтором даної статті Макацом В. Г. запропонований метод функційної біоенергодіагностики, оснований на вимірюванні електричного потенціалу репрезентативних АТ [4]. Використання електричного потенціалу як інформативного параметру доцільніше, оскільки він зазнає меншого впливу фізіологічних та фізичних факторів. Використання потенціалу дозволило відкрити надзвичайно важливі біофізичні ефекти «Латералізації біоелектричної активності функційних електропровідних каналів та енергозон», «Феномена спрямованої біоелектричної активності між одноканальними енергозонами» та «Ефекту сумачії біоелектричної

активності з одночасним тестуванням симетричних енергозон» [3]. Такі ефекти з успіхом можуть бути використані в процесі проведення тонких та складних досліджень стану акупунктурної системи людини.

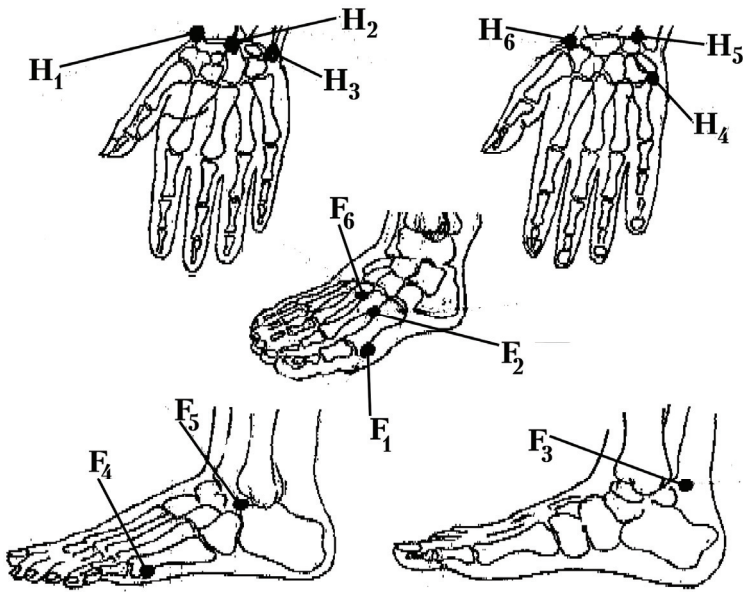


Рис. 1. Репрезентативні енергозони верхніх та нижніх кінцівок людини

Процедура проведення функційної біоенергодіагностики така [3]:

а) локалізується місце розташування репрезентативних енергозон (рис. 1);

б) готується прилад «ВІТА-01-М» для проведення діагностики функційно-енергетичної рівноваги організму;

в) готуються діагностичні електроди «донори» і «акцептор» електронів.

Електрод акцептор електронів («А») — злегка вигнута пластинка зі спеціального сплаву, розміром 5×1 см, попередньо покрита окисною плівкою. Через марлеву прокладку, змочену теплою водою або фізіологічним розчином. Цей електрод розташовується в середній мезогастральній ділянці («0» — зона, область пупка) з навантаженням в 80—90 грам для забезпечення стабільних умов обстеження.

Електроди донори електронів («Д») — у вигляді посріблених здвоєних щупів діаметром по 3 мм, розташовані в ебонітових чашечках діаметром 1—1,5 см, заповнених поролоновими прокладками. Ці прокладки перед проведенням діагностики зволожуються за допомогою прискавки теплою водою або фізіологічним розчином.

В процесі тестування електроди «Д» під прямим кутом до поверхні шкіри, з незначним тиском (на рівні дотику), одночасно контактують з кожною парою симетричних енергозон протягом 1—2 секунд. Через кожні три контакти з шкірою, електроди «Д» повторно змочуються в заздалегідь підготовленому розчині.

Перед проведенням біоенергодіагностики, пацієнт протягом 5—6 хвилин нерухомо, не розмовляючи лежить на спині з повернутими догори долонями і злегка розведеними ногами.

Порядок і етапність проведення біоенергодіагностики такий.

Спочатку проводиться тестування симетричних репрезентативних енергозон верхніх кінцівок (Н), а потім — нижніх (F). Починають тестування з Н1 до Н3. Потім руки розташовують на грудях долонями вниз і таким же чином тестуються зони Н4, Н5 і Н6. Аналогічним чином тестуються енергозони ступні від F1 до F6. Отримані з симетричних енергозон дані в мкА (дванадцять абсолютних показників Н1—Н6, F1—F6) заносяться в спеціальну карту біоенергодіагностики.

Наступним етапом стане проведення нормування вимірювальної інформації. Нормування проводиться згідно з виразом

$$A_i = \frac{H_i(F_i)}{\sum_{i=1}^6 H_i + \sum_{i=1}^6 F_i} \cdot 100\%,$$

де A_i — активність i -го меридіана; $H_i(F_i)$ — біоелектричні потенціали репрезентативних АТ рук (ніг).

Отримані результати активності меридіанів порівнюються з моделлю норми та патології і робиться відповідний висновок про стан меридіана та акупунктурної системи в цілому.

Для визначення стану АТ або меридіана в цілому необхідна відповідна модель норми та патології стану меридіану. В [5] приведена модель активності меридіанів, що побудована з використанням таблиці карти біоенергодіагностики та поняття «функційного коридору».

Формалізовані аспекти побудови математичної моделі

Розглянемо процедуру побудови моделі активності та патології стану меридіана на основі статистичних даних.

Для побудови статистичної моделі активності меридіанів нами проаналізовані результати дослідження активності меридіанів методом функційної біоенергодіагностики за 1985—1988 роки більше ніж 5600 чоловік віком від 4 до 78 років у Вінницькій, Житомирській, Хмельницькій та інших областях України [3]. Було проведено документування результатів спостережень, сформована вибірка даних і проведена статистична обробка експериментальних даних [6, 7, 8]. Опис умов зняття даних розглянуто вище.

Дана вибірка отримана в результаті вимірювань одного і того ж самого параметра деякої множини об'єктів, які за ідеєю повинні бути абсолютно однаковими. Однак через похибки вимірювань і індивідуальні особливості об'єктів параметри відрізняються один від одного. Особливістю даного типу вибірки є те, що істинного значення вимірюваного параметру не існує, оскільки він є математичною абстракцією, а кожний об'єкт має своє значення даного параметра.

На наступному етапі формування моделі була проведена обробка результатів спостережень і оцінки статистичних параметрів [6, 7, 8]. Для обробки результатів спостережень нами був використаний набір засобів аналізу даних для розв'язання задач статистичного аналізу з пакета Microsoft Excel. Обробка результатів виконувалась в такій послідовності:

1. Попередня фільтрація даних. Для побудови експериментальної моделі активності меридіанів визначається коефіцієнт «К», що характеризує стійкість вегетативної нервової системи, тобто співвідношення активності симпатичного і парасимпатичного її відділів [3]. Його розрахунок проводиться за формулою

$$K = \frac{\sum(I_{нб} - Я_{н}) - \sum I_{нб}}{\sum I_{нб}},$$

де $I_{нб}$ – сума потенціалів, виміряна в точках $H_1, H_2, H_6, F_3, F_4, F_5$; $Я_{н}$ – сума потенціалів, виміряна в точках $H_3, H_4, H_5, F_1, F_2, F_6$.

Якщо $0,9 < K < 1,1$, то «симпатичний і парасимпатичний відділи вегетативної нервової системи — в стані функційно-енергетичної рівноваги» [3], тобто активність меридіанів збалансована і дані можна використовувати під час розробки експериментальної моделі активності меридіанів.

2. Обчислюється середнє арифметичне вибірки результатів спостережень, що приймається за норму. Середнє арифметичне обчислюється за формулою

$$\tilde{A}_i = \frac{\sum_{j=1}^n A_{ji}}{n},$$

де \tilde{A}_i — середнє арифметичне значення активності i -го меридіана; A_{ji} – j -те значення активності i -го меридіана; n – кількість спостережень.

3. Обчислюється оцінка середнього квадратичного відхилення результатів спостережень

$$S(\tilde{A}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (A_{ji} - \tilde{A}_i)^2}{n(n-1)}},$$

де $S(\tilde{A}_i)$ — виправлена дисперсія, згідно з термінологією, прийнятою в [8].

4. Перевіряється гіпотеза про те, що закон розподілу результатів спостережень відповідає нормальному. Оскільки кількість спостережень $n > 50$, то згідно з рекомендаціями [8] для перевірки гіпотези використовується критерій χ^2 Пірсона.

5. Для оцінки аномальності окремих результатів спостережень нами використаний критерій Ірвіна [8]:

$$\hat{\lambda} = \frac{A_{k+1i} - A_{ki}}{S(\tilde{A}_i)},$$

де $\hat{\lambda}$ — показник аномальності для максимальних значень A_{k+1i} , A_{ki} виборки.

Для заданої ймовірності 0,95 і об'єму вибірки 1000 спостережень табличне значення $\lambda_t = 0,8$. Критерій аномальності $\hat{\lambda} \geq \lambda_t$. Якщо критерій виконується, то результат спостережень аномальний і він виключається із вибірки. При цьому значення \tilde{A}_i , $S(\tilde{A}_i)$, обчислюються знову.

6. Побудова довірчих інтервалів в які з наперед заданою ймовірністю потрапляє невідоме значення активності меридіану;

7. Проведення однофакторного дисперсного аналізу [9]. Для планування обробки експериментального матеріалу важливо знати, наскільки однотипними є середні виміри точок акупунктури, отримані під час дослідження різних пацієнтів. В даному випадку має місце лише один фактор, що впливає на результат вимірювання активності даного меридіана. Необхідно визначити наскільки суттєвий вплив даного фактора на вимір показника меридіана. Допустимо, що сукупність вимірів меридіанів, знятих з кожного пацієнта в межах активності меридіана, мають нормальний розподіл і рівні між собою дисперсії. Маємо m пацієнтів, тобто маємо m сукупностей або рівнів. На кожному пацієнті проводиться n вимірів активності одного і того ж меридіана. Всього будемо мати n_1, n_2, \dots, n_m спостережень. Виміри меридіанів, які мають n_i спостережень i -го пацієнта (рівня) позначимо як $x_{i1}; x_{i2}; \dots; x_{in}$. Тоді всі спостереження можна представити в стандартному для математичної статистики вигляді таблиці спостережень (таблиця 1).

Таблиця 1

| Пацієнти (рівні) | Спостереження | | | |
|---------------------|---------------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | J | n |
| 1 | X_{11} | X_{12} | X_{1j} | X_{1n} |
| 2 | X_{21} | X_{22} | X_{2j} | X_{2n} |
| | | | | |
| I | X_{i1} | X_{i2} | x_{ij} | x_{in} |
| | | | | |
| M | X_{m1} | X_{m2} | x_{mj} | x_{mn} |

Будемо вважати, що для i -го пацієнта (рівня) n спостережень мають середнє очікування β_i , складається з суми загальної середньої μ та варіації γ_i обумовленої i -м пацієнтом (i -м рівнем фактора) тобто

$$\beta_i = \mu + \gamma_i.$$

Для спостереження із таблиці 1 можна записати

$$x_{ij} = \mu + \gamma_i + \xi_{ij}$$

або

$$x_{ij} = \beta_i + \xi_{ij},$$

де ξ_{ij} — варіація результатів спостережень в середині i -го фактора. ξ_{ij} характеризує вплив всіх, неврахованих моделлю (таблиця 1) факторів.

За допомогою методів дисперсійного аналізу оцінимо вплив фактора γ на точність визначення стану меридіана. Загальну варіацію X_{ij} можна розкласти на складові: одна з них враховує вплив фактора γ , друга — вплив неврахованих факторів. Для цього визначимо μ та β_i .

$$\tilde{x}_{i*} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}.$$

Зірочка в індексі при x означає, що спостереження фіксовані для i -го пацієнта. Середнє арифметичне сукупності спостережень є оцінкою загальної середньої μ , тобто

$$\tilde{x} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}$$

або $\tilde{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tilde{x}_{i*}$.

Знайдемо суму квадратів відхилень x_{ij}, \tilde{x} .

$$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x})^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x}_{i*} + \tilde{x}_{i*} - \tilde{x})^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x}_{i*})^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{i*} - \tilde{x})^2 + 2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x}_{i*})(\tilde{x}_{i*} - \tilde{x}),$$

якщо

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x}_{i*})(\tilde{x}_{i*} - \tilde{x}) = \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x}_{i*}) \sum_{i=1}^m (\tilde{x}_{i*} - \tilde{x}), \quad (1)$$

але $\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x}_{i*}) = 0$, так як це сума відхилень змінних однієї сукупності від середньо арифметичної тієї ж сукупності, тобто $S = 0$.

Другий член суми (1) запишемо у вигляді

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{i*} - \tilde{x})^2 = n \sum_{i=1}^m (x_{i*} - \tilde{x})^2.$$

Основну тотожність (1) можна написати у вигляді

$$\underbrace{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x})^2}_Q = \underbrace{n \sum_{i=1}^m (x_{i*} - \tilde{x})^2}_{Q_1} + \underbrace{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \tilde{x}_{i*})^2}_{Q_2}$$

або

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

де Q – повна сума квадратів відхилень окремих спостережень від загального середнього \tilde{x} ; Q_1 — сума квадратів різниць між середніми рівнів і середнім всіх сукупностей спостережень, або сума квадратів відхилень між групами; Q_2 — сума квадратів різниць між окремими спостереженнями і середнім i -го рівня, або сума квадратів відхилень всередині груп.

Знаючи суми квадратів Q, Q_1, Q_2 можна оцінити відповідні дисперсії: повну, міжгрупову та внутрішньогрупову.

Однофакторний дисперсний аналіз зручно показати у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2

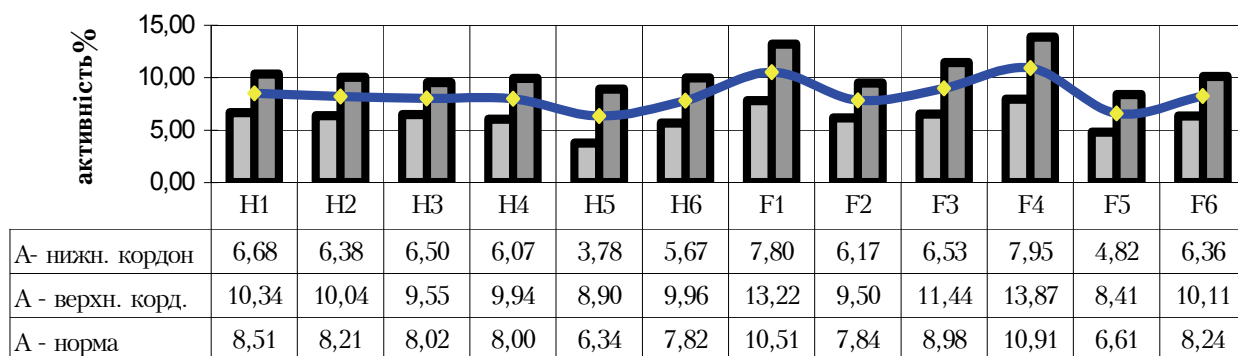
| Компоненти дисперсії | Сума квадратів | Степінь свободи | Середній квадрат | Оцінка |
|----------------------|---|-----------------|--|---------|
| Міжгрупова | $\sum (\tilde{x}_{i*} - \tilde{x})^2$ | $m - 1$ | $\frac{1}{m-1} \sum (\tilde{x}_{i*} - \tilde{x})^2$ | S_1^2 |
| Внутрішньогрупова | $\sum_{ij} (x_{ij} - \tilde{x}_{i*})^2$ | $m(n-1)$ | $\frac{1}{m(n-1)} \sum_{ij} (x_{ij} - \tilde{x}_{i*})^2$ | S_2^2 |
| Повна | $\sum (\tilde{x}_{i*} - \tilde{x})^2$ | $mn - 1$ | $\frac{1}{mn-1} \sum (\tilde{x}_{i*} - \tilde{x})^2$ | |

8. Для виявлення статистичних зв'язків між змінним використовуються методи кореляційного аналізу.

Початково було задокументовано 5600 спостережень біоелектричних потенціалів репрезентативних АТ рук (ніг). Після фільтрації даних, згідно з пунктом 1 процедури статистичної

обробки результатів спостережень, залишилось 946 результатів спостережень, придатних для формування моделі норми та патології. Згідно пункту 5 процедури статистичної обробки було відсіяно 14 аномальних значень активності меридіанів. Числова модель норми та патології активності меридіанів за результатами 932 статистично коректних спостереженнях для 12 репрезентативних АТ показана на діаграмі.

Статистична модель активності меридіанів $0,9 < K < 1,1$ (1999)



Висновки

Метод біоенергодіагностики, що ґрунтується на пасивних вимірюваннях, дозволяє сформувати діагностичну модель норми — патології активності меридіанів людини для медичних діагностичних систем.

Для визначення кількісних значень параметрів діагностичної моделі доцільно використання методів математичної статистики, зокрема дисперсного та кореляційного аналізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Табеева Д. М. Руководство по иглорефлексотерапии. М.: Медицина, 1980. — 560 с.
2. Вогралик В. Г., Вогралик М. В. Пунктурная рефлексотерапия: чжень-цзю. — Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1988. — 335 с.
3. Мацак В., Мацак Д., Ладуба Ю., Мацак Є., Власюк А. Функціональна біоенергодіагностика стійкості вегетативної нервової системи і її біоактиваційна корекція (по В. Мацак). — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1997. — 100 с.
4. Мацак В. Г. Биогальванизация в физио- и рефлексотерапии. Винница. — 1992. — 239 с.
5. Власюк А. І. Статистичні моделі активності меридіанів людини. Матеріали першої міжнародної науково-методичної конференції «Методичні та організаційні аспекти використання мережі ІНТЕРНЕТ в закладах освіти (Інтернет-Освіта-Наука-98)». Т. 2. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998. — 216 с.
6. Рого К. Г. Метрологическая обработка результатов технических измерений К.: Техніка, 1987. — 128 с.
7. Котельников Р. Б. Анализ результатов наблюдений. — М. Энергоатомиздат, 1986. — 144 с.
8. ГОСТ 8.207-76 Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений.
9. Математическая статистика: учеб. / Иванова В. М. и др. — М.: Высшая школа, 1981. — 371 с.

Кафедра метрології промислової автоматики