



DOI: 10.6084/m9.figshare.10028591

LCC - № QA299.6-433

АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗІОЛОГІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ВНС

Кулагін В.О.¹, Новікова А.О.²

¹ Херсонський національний технічний університет

² Херсонська державна морська академія

Corresponding author: Новікова А.О., к.т.н., доц., E-mail gingary1979@gmail.com

Abstract.

The relevance of the topic is that the physiology and functioning of the VNS analysis with the subsequent introduction into the biotechnical system for predicting the human condition is conducted.

To achieve the goal of the work, we must solve the following problems:

1. Conduct morphological and functional VNS's physiology analysis, based on the obtained analysis to build a systemic and functional VNS model;
2. To conduct factor analysis of the young organism heart vegetative regulation.
3. To carry out the analysis of VNS's work in a quiet state and at physical activities.

The object of study is the process of changing the main and derivative VNS indicators.

Анотація.

Актуальність теми полягає в тому, що проводиться аналіз фізіології і функціонування ВНС з подальшим впровадженням в біотехнічну систему прогнозування стану людини.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести морфологічний і функціональний аналіз фізіології ВНС, на основі отриманого аналізу побудувати системну й функціональну модель ВНС;
2. Провести факторний аналіз вегетативної регуляції серця молодого організму.
3. Провести аналіз роботи ВНС у спокійному стані й при фізичних навантаженнях.

Об'єкт дослідження - процес зміни основних і похідних показників роботи ВНС.

The subject of the study - analysis methods of the VNS morphological and functional status.

Research methods - system analysis. Factor analysis, Student test for independent samples, cardio interval analysis.

Mathematical analysis was performed by Excel using ANOVA modules, factor analysis, t-test for independent samples.

The following technique was used to study the response of the VNS to physical activity.

The study was performed on a selected group of 4 men actively involved in sports, aged 25-30 years and 44 women aged 18 to 29 years.

The autonomic Kerdo index was used as a measure of the autonomic nervous system tone.

The scientific novelty of the obtained results is that the VNS physiology and functioning systematic analysis was performed first.

The practical significance of the results obtained. The results obtained can then be used to create a biotechnological system for predicting human condition.

The reliability of the models is confirmed by the experimental studies on the model. The probability of experimental studies is confirmed by statistical analysis: factor analysis, t-criterion for independent samples.

Предмет дослідження – методи аналізу морфологічного та функціонального стану ВНС.

Методи дослідження – системний аналіз. Факторний аналіз, критерій Ст'юдента для незалежних вибірок, аналіз кардіоінтервалів.

Математичний аналіз проводився з використанням Excel з використанням модулів ANOVA, факторного аналізу, t-критерію для незалежних вибірок.

Для вивчення реакції ВНС на фізичні навантаження використовувалася наступна методика.

Дослідження виконане на відібраній групі з 4 чоловіків, що активно займаються спортом у віці 25-30 років і 44 жінки у віці від 18 до 29 років.

У якості міри оцінки тону вегетативної нервової системи використаний вегетативний індекс Кердо.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що в-перше проведено системний аналіз фізіології та функціонування ВНС.

Практична значимість отриманих результатів. Отримані результати в подальшому можуть використовуватися для створення біотехнічної системи прогнозування стану людини.

Вірогідність моделей підтверджується проведенням експериментальних досліджень по моделі. Вірогідність експериментальних

досліджень підтверджується проведенням статистичного аналізу: факторного аналізу, t-критерію для незалежних вибірок.

Keywords: VNS, statistics, system analysis.

Section: Physiological Systems Modeling

Introduction. Робота присвячена аналізу й побудові моделей фізіології й функціонування вегетативної нервової системи (ВНС).

На підставі факторного аналізу 13 вихідних вегетативних індексів, отриманих при аналізі кардіоінтервалограми обстежених, створена математична модель вегетативної регуляції. Виведені показники, що окремо описують активність симпатичного й парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. У межах тривимірної моделі додатково проведений поділ симпатичного компонента на фактор центральних ерготропних впливів і фактор, що відбиває активність сегментарного відділу.

Objective. Мета роботи - моделювання фізіології ВНС.

Materials and methods. Говорячи про те або інше поведження людини згадують про нервову систему. Поведження включає не тільки емоції, але і реакцію людини на вплив внутрішній або зовнішній, виникнення болю, хвороба і т.і. І тут, доцільно згадати саме вегетативну нервову систему (ВНС), оскільки - це комплекс центральних і периферичних клітинних структур, що регулюють необхідний для адекватної реакції всіх систем функціональний рівень внутрішнього життя організму.

Використовуючи літературні дані маємо загальне уявлення про фізіологію ВНС, але при структуруванні своєї бази знань і виділяючи окремі підсистеми, ми можемо усвідомити причину виникнення реакції організму на будь-який вплив.

Для початку необхідно виділити основні відділи ВНС. Згідно Ленглі існує два основних відділи: симпатичний і парасимпатичний відділи ВНС. Окремо була виділена ентральна система.

ВНС є системою мережного типу. Як буде показано нижче безліч елементів взаємодіє між собою, природно це говорить про функціонування системи. А основною функцією ВНС є регуляція діяльності внутрішніх органів.

Окремо хотілося б розглянути роботу метасимпатичної нервової системи (МНС).

Згідно А.Д. Ноздрачеву МНС - комплекс мікрогангліарних утворень, розташованих у стінках внутрішніх органів, що володіють моторною активністю. На слайді показана структурна схема МНС.

Природно припустити, що визначені тон роботі МНС і отже всій нервовій системі задають

нейрони, скупчення яких утворить функціональний модуль (формула 1):

$$F = X+Y+Z+K \quad (1)$$

де $X = \{x_i\}$, $i=1, \dots, N$ – клітини – осцилятори; $Y = \{y_j\}$, $j=1, \dots, M$ – сенсорні нейрони; $Z = \{z_g\}$; $g=1, \dots, V$ – мотонейрони; $K = \{k_l\}$, $l=1, \dots, S$ – інтернейрони.

Робота системи обумовлена потенціалом дії нейронів (на слайді показано категорійний аналіз роботи МНС).

Тоді діє формула 2:

$$F = \begin{cases} \varphi_X \varphi_K \gamma \varphi_Z; \\ \varphi_X \varphi_Y \gamma \varphi_Z; \\ (\varphi_X \varphi_K + \varphi_X \varphi_Y + \varphi_K \varphi_Y) \gamma \varphi_Z \end{cases},$$

де γ – коефіцієнт, який впливає на моторний нейрон.

Далі проведемо системний аналіз симпатичної нервової системи.

Згідно літературного огляду в симпатичних гангліях діє мультиплікація – одне прегангліонарне волокно передає сигнал до багатьох постгангліонарних нейронів, має місце розмноження (мультиплікація) сигналу. Представимо вищесказане формулою 3:

$$E_{1/l} = \frac{E_{1/m} \sum E_{1/l}}{l}.$$

де $E_{1/l}$ – енергія одного постгангліонарного нейрону (l – кількість таких нейронів);

$E_{1/m}$ – енергія одного прегангліонарного нейрону (m – кількість таких нейронів).

На основі отриманих даних проведено факторний аналіз вегетативної регуляції серця у дітей.

Було обстежено 90 школярів (46 хлопчиків і 44 дівчинки у віці 10-14 років). Основним критерієм відбору була відсутність соматичних і психічних захворювань.

Установлено, що в рядах, відповідних до фактора симпатичної активності (ФСА) і фактора парасимпатичної активності (ФПА), існують індивідуальні навантаження первинних вегетативних параметрів. При цьому чим вище абсолютне значення навантаження, тим більшою мірою фактор впливає на даний параметр. Знак перед значеннями визначає пряму (+) або зворотну (-) залежність. Сумарно ФСА й ФПА пояснюють 75% різноманітності вибірки.

Показано, що фактор симпатичної активності відбиває ступінь залучення симпатичної нервової системи у вегетативний баланс по нерівності (4):

$$f_{ca} < 0 < F_{CA}, \quad (4)$$

де f_{ca} - низька симпатична активність;
 F_{CA} - висока симпатична активність.

Інакше кажучи, якщо індивідуальне факторне навантаження F_{CA} більше нуля, то можна вважати, що є відносно висока симпатична активність - і навпаки. На підтвердження цього приведемо середні значення первинних параметрів при розподілі вибірки щодо зазначеної нерівності. Відразу відзначимо, що вони з високим ступенем вірогідності різняться по більшості параметрів, що дозволяє за значенням одного фактора виділити групу з високою й низькою симпатичною активністю.

Примітка. Метод екстракції: аналіз головних компонентів. Метод ротації: ортогональне обертання з нормалізацією й центруванням Кайзера.

RR - інтервал RR; Ax - варіаційний розмах; Mo - мода; AMo - амплітуда моди; IH - індекс напруги; IBP - індекс вегетативної рівноваги; ПАПР - показник активності процесів регуляції; Lf_{per} - потужність низькочастотного діапазону у відсотках; Hf_{per} - потужність високочастотного діапазону у відсотках; Vlf_{per} - потужність дуже низькочастотного діапазону у відсотках; Hf_{nu} - нормалізовані значення високочастотного діапазону; Lf_{nu} - нормалізовані значення низькочастотного діапазону; IC - індекс централізації; F_{CA} - фактор симпатичної активності; F_{PA} - фактор парасимпатичної активності.

Фактор парасимпатичної активності відбиває ступінь залучення парасимпатичної нервової системи у вегетативний баланс по нерівності (5):

$$F_{pa} < 0 < F_{PA} \quad (5)$$

де f_{pa} - низька парасимпатична активність;
 F_{PA} - висока парасимпатична активність.

Таким чином, додатні значення F_{PA} відповідають щодо високої пари симпатичної активності.

На підставі отриманих факторів нами виведений індекс вегетативного балансу (IBB_{f2}), який ураховує активність обох відділів вегетативної нервової системи (формула 6):

$$IBB_{f2} = (F_{CA} - F_{PA}) / Abs(F_{CA} + F_{PA}), \quad (6)$$

де Abs - модальне значення.

При цьому враховується нерівність:

$$I_{\text{ВБ}}_{f_2} < 0 < I_{\text{ВБ}}_{f_2},$$

де $i_{\text{ВБ}}_{f_2}$ - ваготонія;

$I_{\text{ВБ}}_{f_2}$ - симпатикотонія.

При додатних значеннях даний індекс відбиває перевагу симпатичного тону над парасимпатичним, а при негативних значеннях - навпаки.

При аналізі наведених розходжень обертає на себе увагу великий розкид стандартного відхилення по ряду вегетативних індексів (зокрема, по індексу напруги – ІН). Це свідчить про необхідність аналізу взаємодії ФСА й ФПА для більш ретельної рандомізації вибірки.

У двомірному просторі, утвореному віссю симпатичної активності ФСА й віссю парасимпатичної активності ФПА, виділяються чотири групи (Група 1 (фсафпа) - помірна активність симпатичного й парасимпатичного відділів ВНС; відбиває збалансований тип регуляції (ейтонія спокою). Група 2 (ФСАФПА) - висока активність симпатичного відділу при супутньої низької активності парасимпатичного відділу ВНС; виражена фонові симпатикотонія (виснаження ресурсів адаптації).

Група 3 (фсафпа) - висока активність парасимпатичного відділу й низька симпатичного відділу ВНС; фонові ваготонія (надлишок адаптації). Група 4 (ФСАФПА) - висока активність симпатичного й парасимпатичного відділів ВНС; відбиває напругу регуляції (гіперергоз, компенсована стадія загального адаптаційного синдрому)).

Об'єктивність подібного розподілу "вегетативного простору" на чотири сектори підтверджується наведеними у дипломній роботі середніми первинних вегетативних параметрів і факторів. Був проведений аналіз розходжень по виділених факторах.

Установлено, що групи 2-3 і 1-4 є опозитними й повністю різняться по ФСА, ФПА й $I_{\text{ВБ}}_{f_2}$. У групах 2 і 4 виявлена однаково висока симпатична активність ФСА, однак зазначені групи вірогідно різняться по парасимпатичному тону (ФПА), що відбивається на $I_{\text{ВБ}}_{f_2}$.

При більш детальному аналізі дискретної структури вегетативної регуляції нами виділена тривимірні модель, що описує 85,4% різноманітності вибірки.

Фактор центральних ерготропних впливів (ФЦЕВ) відбиває активність надсегментарних ерготропних структур; фактор трофотропних впливів (ФТВ) відбиває активність трофотропних структур у цілому, а фактор сегментарних впливів (ФСВ) - активність сегментарних структур і, можливо, метасимпатичної нервової системи.

Запропонована математична модель вегетативної регуляції дозволяє виділити не тільки опозитні групи з високою симпатичною або парасимпатичною активністю, але й групи з одночасно

високою (ФСА/ФПА, група 4) і низькою (ФСА/ФПА, група 1) активністю обох відділів вегетативної нервової системи, що дозволить глибше розібратися в тонкощах вегетативної регуляції ефекторних органів.

Дана модель повністю задовольняє потреби клінічних досліджень, оскільки дозволяє обґрунтовано оцінити симпатичні й парасимпатичні впливи окремо, з урахуванням внеску кожного з них у вегетативний баланс. Заснований на різниці між ФСА й ФПА індекс вегетативного балансу (ІВБ_{г2}) дозволить однозначно судити про перевагу тої або іншої ланки вегетативної регуляції.

Далі проведений аналіз поведінки ВНС при фізичних тренуваннях та гімнастичних вправах.

У якості міри оцінки тону вегетативної нервової системи використаний вегетативний індекс Кердо.

Аналіз результатів вимірювань вегетативного індексу Кердо, отриманих на різних стадіях вправ у випробуваних чоловіків, не виявив значимих відмінностей чисельних значень вегетативного тону при практиці гімнастичних вправ і при стандартизованому фізичному навантаженні. У жінок спостерігалася якісно інша картина: інструментально зафіксовані значні зміни чисельних значень вегетативного індексу на різних стадіях гімнастики. А саме, на деяких стадіях індекс Кердо зростав на +0.6 у порівнянні з обмірюваним до гімнастики, а на деяких стадіях падав на -3.7, тобто розкид значень індексу змінювався на 4.3 одиниці. Коливання значень індексу відбувалися внаслідок того, на різних стадіях вправ діастолічний тиск змінювався від 69 до 200 мм.рт.ст., а кількість ударів пульсу у хвилину варіювало від 20 до 163.

З метою візуалізації результатів на Слайді поміщений типовий кусочно-лінійний графік зміни значень індексу Кердо в ході початкової стадії однієї з гімнастичних вправ.

На рис. 1: По осі абсцис - час початкової частини гімнастичної вправи. По осі ординат - чисельне значення вегетативного індексу Кердо з урахуванням нелінійності динаміки реактивності,

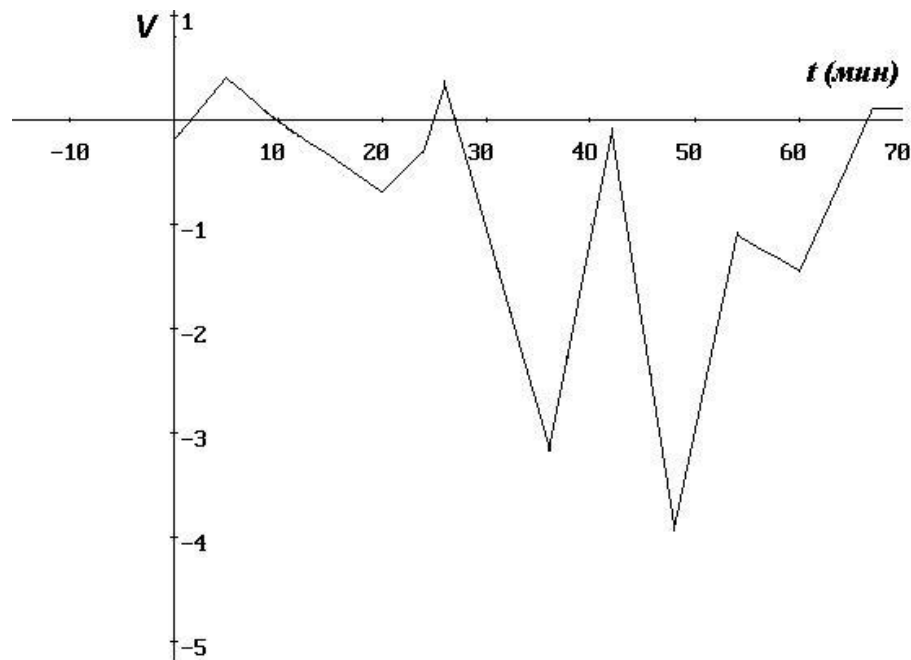


Рис.1 Графік зміни значень індексу Кердо в ході початкової стадії однієї з гімнастичних вправ

Крива змін значень індексу Кердо під час гімнастичної вправи може бути записана аналітично як приватне рішення лінійного диференціального рівняння n -го порядку (Формула 7):

$$X_0 \frac{d^n V}{dt^n} + X_1 \frac{d^{n-1} V}{dt^{n-1}} + \dots + X_{n-1} \frac{dV}{dt} + X_n V = X. \quad (7)$$

При цьому функції X повинні містити тільки незалежну змінну t , яка є час. Загальне рішення рівняння (7) у нашому випадку можна записати, як аналітичне вираження (8)

$$V(t) = (A_1 + A_2 t + A_3 t^2 + \dots + A_{n-2} t^{n-2}) e^{-kt} + B, \quad (8)$$

де A_1, \dots, A_n, B, k - константи, що характеризують індивідуальні особливості жіночого організму, значення яких можна знайти дослідним шляхом.

Виконаємо термодинамічну оцінку роботи, виконаною вегетативною нервовою системою для забезпечення діяльності організму під час проведення гімнастичної вправи. Позначимо через H^+ - роботу вегетативного забезпечення діяльності організму, виконану при значеннях індексу $V > 0$, через H^- - при значеннях індексу $V < 0$, тоді формула 9

$$H^+ = \int_{V \geq 0} V(t) dt \quad H^- = \int_{V \leq 0} V(t) dt. \quad (9)$$

Іншими словами, інтеграли (9) можна трактувати як інтеграл витрати H^+ і інтеграл відновлення H^- . Очевидно, що в розглянутому нами випадку відновлення набагато перевершує витрати організму:

$$|H^-| \gg |H^+|.$$

Отже, нами зафіксована значна перевага анаболічних процесів відновлення над катаболічними процесами витрати під час гімнастичної вправи в жінок. Знайдений результат підтверджує емпіричний досвід прадавніх китайців, що застосування гімнастики Ушу дійсно може сприяти вповільненню старіння організму, і навіть мати наслідком омолодження організму (перевага анаболічних процесів, регульованих парасимпатичним відділом вегетативної нервової системи, над катаболічним, регульованим симпатoadреналовою системою).

Conclusions.

1. Проаналізовано морфологію, функціонування вегетативної нервової системи (ВНС). На основі отриманих даних побудовано системну на функціональну модель вегетативної нервової системи. Дано рекомендації для використання отриманої моделі для побудови біотехнічної системи діагностики стану нервової системи людини.
2. Проведено факторний аналіз параметрів вегетативної регуляції серця, який відображає роботу ВНС в спокійному та напруженому стані молодого організму. На основі проведених досліджень створено нову модель роботи ВНС, яка відображає одночасну роботу як симпатичної так і парасимпатичної системи.
3. Проведено аналіз функціонування ВНС під час фізичних навантажень та гімнастичних вправ. На основі отриманих результатів побудовано модель функціонування ВНС під час фізичних навантажень та спокою, а також проведено термодинамічну оцінку роботи, виконаною ВНС. Аналіз показав значну перевагу анаболічних процесів відновлення над катаболічними процесами витрати під час гімнастичної вправи, що говорить про вповільненню старіння організму.

Disclaimers: The author declares that they have no financial or personal relationships that may have inappropriately influenced them in writing this article.

Conflict of interest statement: The authors state that there are no conflicts of interest regarding the publication of this article.

REFERENCES:

1. Шульговский В, Котляр Б. Физиология центральной нервной системы. М.: Изд-во МГУ; 1979.
2. Воробьева Е, Губарь А, Сафьянова Е. Анатомия и физиология. М.: Медицина; 1981.
3. Malik M. Heart Rate Variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 1996;1(2):151-181.
4. Kérdö I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. *Acta Neurovegetativa*. 1966;29(2):250-268.
5. Cannon W. *The wisdom of the body*. Birmingham, Ala.: Classics of Medicine Library; 1989.

PLAGIARISM REPORT:

90% Unique

Total 1559 chars , 207 words, 13 unique sentence(s).

Essay Writing Service - Paper writing service you can trust. Your assignment is our priority! Papers ready in 3 hours! Proficient writing: top academic writers at your service 24/7! Receive a premium level paper!

Results	Query	Domains (original links)
Unique	Говорячи про те або інше поведження людини згадують про нервову систему	-
Unique	Для початку необхідно виділити основні відділи ВНС	-
Unique	Згідно Ленглі існує два основних відділи: симпатичний і парасимпатичний відділи ВНС	-
Unique	Окремо була виділена ентєральна система	-
Unique	А основною функцією ВНС є регуляція діяльності внутрішніх органів	-
Unique	Окремо хотілося б розглянути роботу метасимпатичної нервової системи (МНС)	-
Unique	На слайді показана структурна схема МНС	-
Unique	Природно припустити, що визначені тон роботі МНС і отже всій нервовій системі задають	-
Unique	Date of Review: DOI: LCC - № QA299.6-433 АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗІОЛОГІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ	-
Unique	Поведження включає не тільки емоції, але і реакцію людини на вплив внутрішній або зовнішній.	-
10 results	і периферичних клітинних структур, що регулюють необхідний для адекватної реакції всіх систем функціональний рівень внутрішнього	studopedia.su intranet.tdmu.edu.ua intranet.tdmu.edu.ua referatu.com.ua uchni.com.ua ukrdoc.com.ua da.coolreferat.com.ua
Unique	Використовуючи літературні дані маємо загальне уявлення про фізіологію ВНС, але при структуруванні своєї бази	-
Unique	Як буде показано нижче безліч елементів взаємодіє між собою, природно це говорить про функціонування	-
Unique	Ноздрачеву МНС - комплекс мікроангліярних утворень, розташованих у стінках внутрішніх органів, що володіють моторною	-

Top plagiarizing domains: intranet.tdmu.edu.ua (2 matches); da.coolreferat.com.ua (1 matches); ukrdoc.com.ua (1 matches); referatu.com.ua (1 matches); studopedia.su (1 matches); uchni.com.ua (1 matches);

Date of Review: DOI: LCC - № QA299.6-433 АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗІОЛОГІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ВНС Materials and methods. Говорячи про те або інше поведження людини згадують про нервову систему. Поведження включає не тільки емоції, але і реакцію людини на вплив внутрішній або зовнішній, виникнення болю, хвороба і т.і. І тут, доцільно згадати саме вегетативну нервову систему (ВНС), оскільки - це комплекс центральних і периферичних клітинних структур, що регулюють необхідний для адекватної реакції всіх систем функціональний рівень внутрішнього життя організму. Використовуючи літературні дані маємо загальне уявлення про фізіологію ВНС, але при структуруванні своєї бази знань і виділяючи окремі підсистеми, ми можемо усвідомити причину виникнення реакції організму на будь-який вплив. Для початку необхідно виділити основні відділи ВНС. Згідно Ленглі існує два основних відділи: симпатичний і парасимпатичний відділи ВНС. Окремо була виділена ентєральна система. ВНС є системою мережного типу. Як буде показано нижче безліч елементів взаємодіє між собою, природно це говорить про функціонування системи. А основною функцією ВНС є регуляція діяльності внутрішніх органів. Окремо