

АНАЛІЗ СТАНУ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ОФІЦЕРІВ ОПЕРАТИВНОГО РІВНЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Олександр Петрачков¹<https://orcid.org/0000-0002-2510-1209>Олена Ярмач²<https://orcid.org/0000-0002-6580-6123>^{1,2} Національний університет оборони України, м. Київ, Українакореспондент-автор – О. Петрачков: apetrachkov77@ukr.net

doi: 10.32626/2309-8082.2023-28(1).45-51

Дослідження адаптивних можливостей серцево-судинної системи військовослужбовців Збройних сил України в умовах правового режиму воєнного стану на сьогодні є одним з актуальних питань, яке потребує комплексного вивчення. Метою дослідження було вивчення стану регуляторних механізмів вегетативної нервової системи військовослужбовців в умовах правового режиму воєнного стану. Для вирішення поставленої мети за допомогою багатофункціонального приладу «МПФІ ритмограф-1» було проведено дослідження у групи офіцерів оперативного рівня (n=201, середній вік досліджуваних 36.4 роки), варіабельності серцевого ритму, отримані результати обробляли за допомогою методів математичної статистики. Результати дослідження параметрів серцевого ритму у офіцерів оперативного рівня, були проведені на основі часових, спектральних та автокореляційних показників. За результатами дослідження було виявлено, що у військовослужбовців переважає симпатичний відділ вегетативної нервової системи, що свідчить про посилення автономної регуляції серцевого ритму. Отримані результати показників часового аналізу варіабельності серцевого ритму свідчать про посилення у офіцерів оперативного рівня симпатичних впливів, що може бути пов'язане зі збільшенням рівня розвитку втоми. Результати спектральних показників показали наявність екстремальних значень у діапазоні 75 % перцентилу, що може вказувати на порушення метаболічних і енергетичних процесів у досліджуваній групі. Дослідження показників автокореляційного аналізу дало нам змогу отримати додаткову інформацію про стан серцевого ритму у досліджуваній групі. Отриманий результат за медіаною становить 0.810 у. о., що свідчить про високу ступінь взаємозв'язку між послідовними інтервалами серцевого ритму з однією інтервальною відстанню. Встановлено, що результат за медіаною становить 19.0 пар інтервалів, на основі яких був проведений кореляційний аналіз. **Висновки.** Інтерпретація отриманих результатів може бути корисною для вивчення фізіологічного стану військовослужбовців оперативного рівня під час здійснення бойових завдань. Результати можуть використовуватися для розробки програм тренування, які допомагатимуть зменшити вплив стресу на організм військовослужбовців, а також для моніторингу функціонального стану військових.

Ключові слова: військовослужбовці, вегетативна нервова система, серцевий ритм, функціональний стан організму.

Oleksandr Petrachkov, Olena Yarmak. Analysis of the heart rate variability of the operational-level officers of the Ukrainian Armed Forces

Abstract. The study of the adaptive capabilities of the cardiovascular system of servicemen of the Armed Forces of Ukraine requires a comprehensive study. This issue is relevant in the conditions of the legal regime of martial law. *The purpose of the research* was to study conditions of the regulatory mechanisms of the vegetative nervous system of servicemen in the conditions of the legal regime of martial law. To solve the defined goal, we conducted a study of a group of operational-level officers (n=201, the average age of the subjects was 36.4 years). The study was conducted using a multifunctional device "MPFI Rhythmograph-1". Heart rate variability and the obtained results were processed using methods of mathematical statistics. *The research's results* of heart rate parameters in operational-level officers were conducted on the basis of time, spectral and autocorrelation indicators. According to the results of the study, it was found that the sympathetic nervous system dominates in military personnel. This indicates a intensification of the autonomous regulation of heart rate. The obtained results of the heart rate variability of the operational-level officers indicate increasing of sympathetic influences, which may be related with increasing level of fatigue. The obtained results of spectral indicators showed the presence of extreme values in the ranges of 75 % percentile. This indicates a violation of metabolic and energy processes in the studied group. The study of the indicators of autocorrelation analysis helped us to obtain additional information about officers' heart rate. The obtained median result is 0.810 units. This indicates a high degree of correlation between successive heart rate intervals with one interval distance. A correlation analysis was also conducted and it was determined that the median result is 19.0 pairs of intervals. **Conclusions.** The interpretation of the obtained results can be useful for studying the physiological condition of operational-level officers during combat missions. The results can be used to develop training programs. And this will help to reduce the impact of stress on the servicemen, to increase the adaptive capabilities and to monitor their functional conditions.

Key words: servicemen, autonomic nervous system, heart rate, functional conditions.

Вступ

Як правило, вимірювання варіабельності серцевого ритму (ВСР) проводять для оцінки функції автономної нервової системи, оскільки вона є індикатором балансу між симпатичною (стресовою) та парасимпатичною (відновною) гілками нервової системи. ВСР отримала широке розповсюдження у різних областях клінічної практики, особливо, в кардіології для вирішення діагностичних та прогностичних завдань, у тому числі ризиків виникнення захворювань серцево-судинної системи та ін. [23; 29]. Аналіз науково-методичної літератури вказує на низку досліджень вітчизняних

науковців, які спрямовані на виявлення закономірностей індивідуальних відмінностей за умов стресових ситуацій, які можуть бути спричинені специфікою навчання у закладі вищої освіти (ЗВО) [4-6]. Широке застосування ВСР знайшла у фізіології та спортивній медицині [7; 8; 11; 13-16; 21; 26-28]. Відомо, що адаптація організму спортсмена до тренувальних і змагальних фізичних навантажень і збереження гомеостазу основних функціональних систем та здоров'я також вимагають постійного напруження регуляторних механізмів [26]. Значна кількість наукових досліджень [7; 14-18; 20-22] була спрямована на вивчення психофізіологіч-

них станів спортсменів високої кваліфікації, діяльність яких характеризується високою інтенсивністю фізичних навантажень та підвищеними вимогами до системи вегетативного енергозабезпечення. Тривалі дослідження ВСР у спортсменів високої кваліфікації [7] виявили низку закономірностей, зокрема було встановлено, що зростання напруження механізмів регуляції ритму серця у спортсменів пов'язано насамперед із зниженням рівня психофізіологічних станів за рахунок активації симпатичного тону та послаблення вагусного впливу на синусовий вузол серця.

Показники ВСР відображають реакцію організму людини на дію зовнішнього і внутрішнього середовища, особливо це стосується стресогенних факторів, що є актуальним під час досліджень функціонального стану серцево-судинної системи окремих категорій населення, зокрема військовослужбовців [9; 10]. Характер реакцій організму на стрес залежить від вихідного стану регуляторних механізмів вегетативної нервової системи. Виконання військовослужбовцями своїх посадових обов'язків інколи відбувається за умов хронічного стресу, що є однією з найважливіших проблем охорони здоров'я військового контингенту нашої країни [10]. Для життя людини та зокрема для психічного та функціонального стану виконання військовослужбовцями професійних обов'язків в зоні бойових дій за силою впливу відноситься до найтяжчих. Актуальність даної наукової роботи обумовлено в першу чергу відсутністю наукових досліджень, які були б спрямовані на вивчення стану ВСР офіцерів оперативного рівня в умовах правового режиму воєнного стану.

Матеріал і методи дослідження

Мета роботи – вивчити стан регуляторних механізмів вегетативної нервової системи військовослужбовців в умовах правового режиму воєнного стану.

Керуючись принципами біомедичної етики та на підставі інформаційної згоди була сформована група у кількості 201 офіцера оперативного рівня, середній вік яких становив 36.4 роки. Основним критерієм включення до педагогічного експерименту було відсутність хронічних та інфекційних захворювань та особисте бажання прийняти участь у дослідженні. На навчальній базі Національного університету оборони України, відповідно до плану наукової та науково-технічної діяльності на 2023–2024 роки було проведено наукове дослідження за темою: «Оптимізація змісту фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки військовослужбовців ВВНЗ на період дії правового режиму воєнного стану», шифр роботи «Тюнінг 1».

Для досягнення поставленої мети дослідження нами були використані теоретичний аналіз, який передбачав вивчення науково-методичної літератури за досліджуваною тематикою, та дослідження варіабельності серцевого ритму (ВСР), який дає можливість оцінити ступінь напруги або тону симпатичного чи парасимпатичного відділу вищої нервової системи у офіцерів оперативного рівня. Для цього ми використовували апаратно-програмний комплекс у складі багатофункціонального приладу «МПФІ ритмограф-1» та програмного забезпечення EasyHRV. Даний програмний комплекс призначений для дослідження стану серцево-судинної та центральної нервової систем

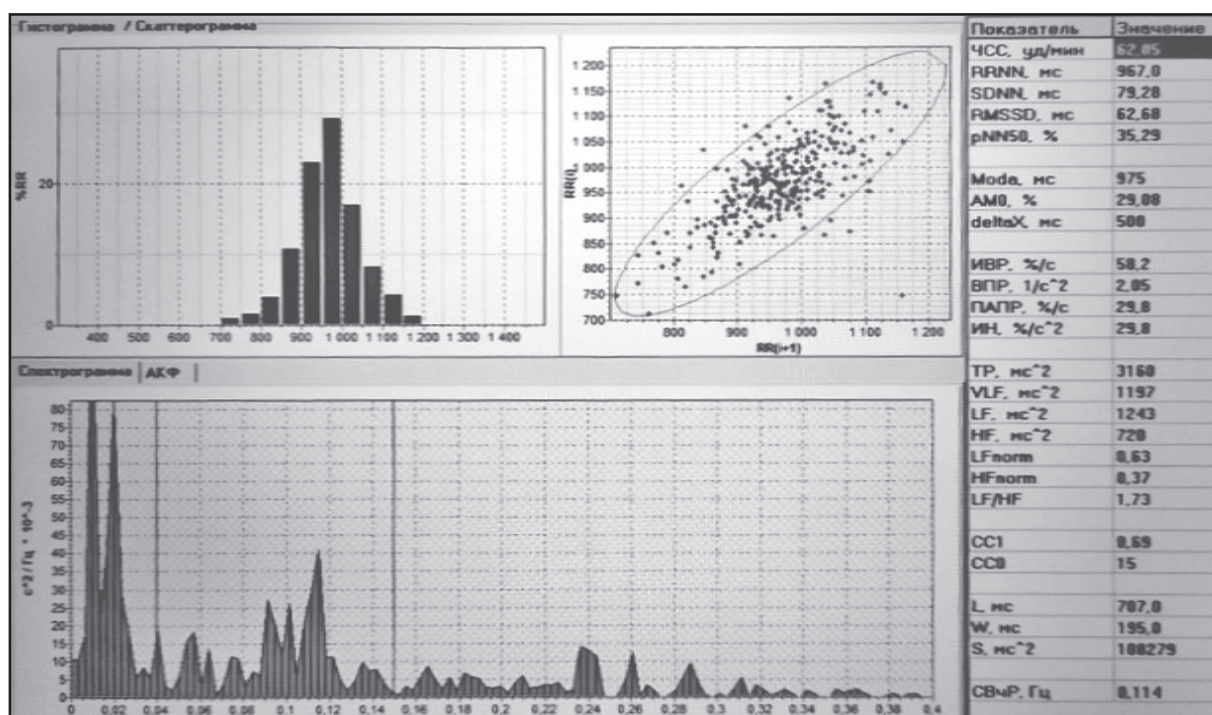


Рис. 1 – Протокол багатофункціонального приладу «МПФІ ритмограф-1» при дослідженні варіабельності серцевого ритму офіцерів оперативного рівня

за показниками варіабельності серцевого ритму та параметрів Т-хвилі PQRST комплексу. Нами була вибрана оптимальна тривалість запису електрокардіограми (ЕКГ) 5 хвилин (300 с). Реєстрація ЕКГ проводилася у положенні сидячи перед монітором комп'ютера, відповідно до «Міжнародного стандарту» (Task Force of the European of Cardiology, 1996). Дослідження проводили з 9:00 до 12:00 годин у комфортних умовах при температурі повітря 22.0° С. Перед початком дослідження офіцерам оперативного рівня додатково виділяли час 7–10 хв необхідний для адаптації до умов навколишнього середовища. Протокол багатofункціонального приладу «МПФІ ритмограф-1» містив спектральні показники ВСР, часові показники які додатково характеризують розподіл кардіо інтервалів, показники автокореляційного аналізу. На рисунку 1 відображений протокол дослідження.

Отримані результати дослідження були опрацьовані з використанням статистичної програми «Statistics 10.0» (StatSoft Inc., США). Вибірку досліджуваних військовослужбовців було перевірено на закон нормального роз-

поділу з використанням критерію Шопіро-Вілка. При умові не відповідності нормального розподілу ми використали методи непараметричної статистики, які дозволили представити дані за медіаною (Me), верхнім (25 %) та нижнім (75 %) процентилем.

Результати дослідження

В наукових і клінічних дослідженнях останнім часом збільшився інтерес до використання показників ВСР як інтегрального критерію функціонального стану організму та зокрема серцево-судинної системи [2; 22]. Отримання інформації про стан серцевого ритму військовослужбовців передбачає виявлення осіб з порушеннями регуляторних механізмів вегетативної нервової системи. Враховуючи групу досліджуваних офіцерів оперативного рівня та їх професійну діяльність, отримані результати ВСР, які представлені в таблицях 1-2 мають прикладне значення і можуть слугувати маркерами адаптаційних можливостей організму в стресових умовах, зокрема в умовах правового режиму воєнного стану.

Таблиця 1 – Результати часового аналізу варіабельності серцевого ритму офіцерів оперативного рівня, (n=201)

Показник	Статистичні характеристики			
	Me	25 %	75 %	V, %
ЧСС, уд.хв. ⁻¹	73.2	66.5	81.9	15.0
RRNN, мс	819.3	732.8	901.9	16.6
SDNN, мс	39.9	31.1	56.1	53.7
RMSSD, мс	27.1	17.0	36.2	83.3
pNN50, %	5.3	0.9	14.5	136.2
Moda, мс	825.0	725.0	925.0	15.6
AMO, %	43.5	33.9	54.3	34.9
deltaX, мс	250.0	200.0	350.0	41.4
IBP, %	173.8	103.0	286.7	71.8
ВПР, с ⁻²	4.9	3.6	6.9	53.2
ПАПР, %	51.7	39.5	73.9	46.5
IH, у.о.	104.0	59.5	191.3	86.8
СВЧР, Гц	0.10	0.09	0.12	23.4

Таблиця 2 – Результати спектральних показників та автокореляційних показників серцевого ритму офіцерів оперативного рівня, (n=201)

Показник	Статистичні характеристики			
	Me	25 %	75 %	V, %
<i>спектральні показники варіабельності серцевого ритму</i>				
TP, мс-2	963.0	636.0	1780.0	148.7
VLF, мс-2	418.0	197.0	690.0	144.5
LF, мс-2	371.0	223.0	661.0	132.3
HF, мс-2	153.0	63.0	316.0	239.1
LFnorm, у. о.	0.70	0.59	0.80	23.1
HFnorm, у. о.	0.30	0.20	0.41	35.5
L, мс	353.5	282.8	494.9	41.4
W, мс	105.0	75.0	135.0	53.8
<i>значення автокореляційного аналізу</i>				
CC1, у. о.	0.810	0.720	0.860	18.6
CC0, к-ть	19.0	6.0	38.0	106.0

Результати показнику SDNN за Me (25 %; 75 %), що характеризує середнє квадратичне відхилення параметрів серцевого ритму та відображає активність вагусної регуляції серця має значну варіативність і свідчить про домінування у офіцерів оперативного рівня симпатичного відділу вегетативної нервової системи (ВНС). В коротких записах, які не перевищують 5 хвилин значення показника SDNN вважається нормальним в межах 40-80 мс. Менші значення SDNN, які ми отримали під час дослідження вказують на посилення автономної регуляції у військовослужбовців, тобто на збільшення впливів дихання на ритм серця. Наступним показником, який відображає участь центральних та автономних механізмів регуляції у забезпеченні серцевого ритму ми аналізували індекс напруги (ІН). В нормі ІН становить 80-150 у. о., даний показник надмірно чутливий до посилення тону симпатичної нервової системи.

Результати за 75 процентилем у даної категорії досліджуваних осіб дещо перевищують норму і вказують, що у офіцерів оперативного рівня у стані спокою переважають центральні механізми над автономними у регуляції серцевого ритму, що свідчить про напруження у механізмах регуляції серцевого ритму, та не економний їх рівень. Підтвердженням цього є результати частоти серцевих скорочень (ЧСС), які за Me відповідають $73,2 \text{ уд.хв.}^{-1}$, а за 75 % процентилем $81,9 \text{ уд.хв.}^{-1}$. В даному випадку показник ЧСС відображає активність гуморального каналу регуляції ритму серця, а перевищення його параметрів може свідчити про збільшення рівня емоційного напруження у військовослужбовців.

Наступний показник який ми проаналізували був СВЧР, він відображає ступінь розвитку втоми, результати за Me (25 %; 75 %) у офіцерів оперативного рівня вказують, що на 75 процентилі числові значення більше зміщені в сторону розвитку втоми.

Отримані результати показників часового аналізу ВСР в напрямку зменшення чи збільшення пов'язана, відповідно, з посиленням у офіцерів оперативного рівня парасимпатичних впливів, та активацію симпатичного тону ВНС.

Аналіз результатів спектральних та автокореляційних показників серцевого ритму, які представлені у таблиці 2 надав нам інформацію про розподіл потужності в залежності від частоти коливань. На сьогодні спектральний аналіз є найбільш інформативним методом оцінки стану тону ВНС, даний аналіз дозволяє надати кількісну характеристику активності різних відділів автономної нервової системи через їх вплив на функцію синусового вузла. Під час опису отриманих результатів виділяють три головних компоненти: HF (потужність у діапазоні високих (0.15-0.4 Гц),

LF (потужність у діапазоні низьких (0.04-0.15 Гц), VLF (потужність у діапазоні дуже низьких (<0.04 Гц) частот. Відповідно до фізіологічної інтерпретації для коротких ділянок стаціонарного запису потужність високочастотного компонента спектру HF відображає перш за все рівень дихальної синусової аритмії, абсолютна величина дихальної складової спектру, як правило, дорівнює близько 1000 мс^2 і складає 15-20 % від сумарної потужності спектру. Величина HF також відображає парасимпатичні впливи на серцевий ритм.

Потужність величини LF у діапазоні низьких частот виявляє активність підкоркового судинного центру, за норму прийнято розглядати частку вазомоторних хвиль від 15 % до 35-40 %. Максимальне значення LF_{norm} дорівнює 1.0, тому отримане нами значення 0.70 у. о. можна вважати досить високим, що свідчить про помірну активність симпатичної і парасимпатичної нервової систем.

Амплітуда величини VLF, яка відображає потужність у діапазоні ультра низьких частот, має тісний взаємозв'язок з психоемоційним напруженням, регуляцією гормональної системи. У нормі, за умов спокою, дана величина становить 15-35 % від сумарної потужності спектру.

Отриманий нами результат VLF в спектральному аналізі ВСР за медіаною становить 418 мс^2 і вказує на більшу активність в цьому діапазоні частот, ніж у здорової людини в середньому. Коефіцієнт варіації дорівнює 144.5 %, що означає велику різницю між максимальним і мінімальним значеннями величини VLF у досліджуваній групі. Така велика варіабельність може свідчити про різні фізіологічні стани у даної категорії осіб, що може бути пов'язано зі стресом, хворобами та іншими факторами. Верхній процентиль дорівнює 197.0 мс^2 , а це означає, що 25 % вимірювань VLF у досліджуваній групі були менше, ніж 197 мс^2 . Нижній процентиль дорівнює 690 мс^2 , а це означає, що 25 % вимірювань були більшими, ніж 690 мс^2 .

Отже, результати в діапазонах 25 % та 75 % процентилю дозволяють оцінити розподіл значень в групі і можуть вказувати на наявність екстремальних значень у даної категорії осіб. При цьому, чим вищий показник, тим стан особи характеризується порушеннями метаболічних і енергетичних процесів в організмі.

Значення HF_{norm} відображає відношення високочастотного діапазону (HF) до загальної варіабельності серцевого ритму (Total Power, TP), вимірюної в нормалізованих одиницях. Отримана під час дослідження величина показника HF_{norm} у офіцерів оперативного рівня дорівнює 0.30 у. о. це вказує на те, що високочастотний діапазон становить 30 % від загальної варіабельності серцевого ритму.

Отже, існує закономірність: чим вище значення HFnorm, тим більш активно працює парасимпатична нервова система. Показники автокореляційного аналізу вказують на ступінь взаємозв'язку між послідовними інтервалами серцевого ритму. Показник CC1 (Correlation coefficient 1) вимірює кореляцію між двома послідовними інтервалами серцевого ритму, зсув яких становить одну інтервальну відстань. Отримане нами числове значення Me становить 0.810 у. о. і вказує, що між цими інтервалами спостерігається висока ступінь взаємозв'язку. Показник CC0 (Correlation coefficient 0) вимірює кореляцію між інтервалами серцевого ритму з однаковим інтервальним відступом.

Отримане значення Me становлять 19.0 і вказують на кількість таких пар інтервалів, на основі яких був проведений кореляційний аналіз. Коефіцієнт варіації для CC1 становить 18.6 %, що вказує на ступінь розбіжностей між вимірюваннями кореляції для різних пар інтервалів серцевого ритму.

Дискусія

Аналіз варіабельності серцевого ритму базується на вимірюванні варіацій інтервалів між послідовними серцевими скороченнями [3]. Ці інтервали можуть бути використані для визначення показників ВСР, таких як симпатико-вагальний баланс, ступінь активності автономної нервової системи та рівень стресу.

Одним з найбільш вживаних методів вимірювання ВСР є спектральний аналіз [3; 4-7]. У результаті спектрального аналізу, інтервали між послідовними серцевими скороченнями розбиваються на окремі складові частоти.

Отримані показники спектрального аналізу можуть використовуватися для оцінки активності парасимпатичної та симпатичної нервових систем, зокрема таких як показники LF/HF, або високочастотного

діапазону (HF), та низькочастотного діапазону (LF). Високі значення HF вказують на більш активну роботу парасимпатичної нервової системи, тоді як високі значення LF вказують на більш активну роботу симпатичної нервової системи. Автокореляційний аналіз також може бути використаний для визначення ВСР. Цей метод дозволяє виявити залежності між послідовними інтервалами серцевого ритму.

Одержані результати досліджень не суперечать та доповнюють сучасні дані іноземних дослідників у галузі фізіології спорту [17; 19; 24; 28; 29]. Так високий, у порівнянні з нормою, рівень VLF, що був отриманий нами в умовах правового режиму воєнного стану у офіцерів оперативного рівня, можна трактувати як гіперадаптивну реакцію на стрес (бойові умови). І чим він є вищим, тим стан людини характеризується порушеннями метаболічних і енергетичних процесів в організмі.

Висновки

На основі дослідження параметрів серцевого ритму у офіцерів оперативного рівня, встановлено переважання симпатичного відділу вегетативної нервової системи, що може бути пов'язане зі збільшенням рівня розвитку втоми на фоні виконання своїх професійних обов'язків у зоні бойових дій.

Результати спектрального аналізу свідчать про наявність екстремальних значень, що може вказувати на порушення метаболічних і енергетичних процесів.

Додаткова інформація про стан серцевого ритму була отримана з дослідження показників автокореляційного аналізу, що показало високу ступінь взаємозв'язку між послідовними інтервалами серцевого ритму з однією інтервальною відстанню.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що відсутній будь-який конфлікт інтересів.

Джерела та література

1. Бокерія Л. А., Бокерія О. Л., Волковська І. В. Варіабельність серцевого ритму: методи вимірювання, інтерпретація, клінічне використання. *Аннали аритмології*. 2009. № 4. С. 21–32.
2. Кальниш В. Біоінформаційне значення минулого-сьогодення-майбутнього для інтегральної оцінки функціонального стану організму людини. *Клінічна інформатика і телемедицина*. 2020. Т. 15, № 16. С. 99-107.
3. Кальниш В. В., Швець А. В. Удосконалення методології визначення психофізіологічних характеристик операторів. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2008. Т. 16, № 4. С. 49-54.
4. Лизогуб В. С. Формирование индивидуально-типологических свойств высшей нервной деятельности в онтогенезе. *Таврический медико-биологический вестник*. 2000. № 3(3-4). С. 112-20.
5. Лизогуб В. С., Кожемяко Т. В. Індивідуальні особливості переробки інформації різної складності та її вегетативне забезпечення у осіб з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей ВНД. *Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій людини в онтогенезі* : мат. V симпозиуму. 2014. С. 48.

References

1. Bokeria, L. A., Bokeria, O. L., Volkovska, I. V. (2009), "Variabel'nist' sertsevoho rytmu: metody vymiryuvannya, interpretatsiya, klinichne vykorystannya" [Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use]. *Annals of Arrhythmology*, No. 4, 21-32. [in Ukraine].
2. Kalnysh, V. (2020), "Bioinformatsiyne znachennya mynuloho-s'ohodennya-maybutn'oho dlya intehral'noyi otsinky funktsional'noho stanu orhanizmu lyudyny" [Bioinformatics value of the past-present-future for the integral assessment of the functional state of the human body]. *Clinical informatics and telemedicine*, 15(16), 99-107. [in Ukraine].
3. Kalnysh, V. V., & Shvets, A. V. (2008), "Udoskonalennya metodologiyi vyznachennya psykho-fiziologichnykh kharakterystyk operatoriv" [Improvement of Methodology for Determining Psycho-Physiological Characteristics of Operators]. *Ukrainian Journal of Occupational Health*, 16(4), 49-54. [in Ukraine].
4. Lyzohub, V. S. (2000), "Formirovanie individual'no-tipologicheskikh svoystv vysshei nervnoi deyatel'nosti v ontogeneze" [Formation of Individual-Typological Properties of Higher Nervous Activity in Ontogenesis]. *Tavrisheskiy medikobiolohicheskyy vestnik*, 3(3-4), 112-120. [in Ukraine].

6. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Петренко Ю. О., Бібік Т. А., Явник О. Е., Юхименко Л. І. Функціональний стан центральної нервової системи за умов переробки інформації різного ступеня складності у осіб з різним рівнем рухливості основних нервових процесів. *Фізіол. журнал*. 2002. Т. 48(1). С. 9–14.
7. Мицкан Б. М., Остапак З. М., Мицкан Т. С., Коробейніков Г. В., Дрозд С., Цинарський В. Я. Варіабельність серцевого ритму у спортсменів. *Rehabilitation and Recreation*. 2022. № 12. С. 128–143. – URL: <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.12.18>
8. Попов В. В., Фрицше Л. Н. Варіабельність серцевого ритму: можливості застосування в фізіології та клінічній медицині. *Український медичний часопис*. 2006. Т. 2, № 52. С. 24-31.
9. Попович О. І., Романчук С. В. Спеціальна фізична підготовка як засіб адаптації до стрес-факторів навчально-бойової і бойової діяльності військовослужбовців. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2010. Вип. 11. С. 88-91.
10. Шиць А. М., Березовський В. А., Мостовий С. Є., Динник О. Б. Варіабельність серцевого ритму в оцінці стану серцево-судинної системи у військовослужбовців Збройних Сил України із зони проведення антитерористичної операції з супутнім посттравматичний стресовим розладом. *Сучасні аспекти військової медицини*. 2016. Вип. 23. С. 232-244.
11. Янкевич А. Сердечно-сосудистые заболевания у спортсменов. *Ліки України*. 2015. Т. 4, № 25. С. 63-70.
12. Abellán-Aynés, López-Plaza, O. D., Alacid, F. Naranjo-Orellana, J., Manonelles, P. (2019). Recovery of Heart Rate Variability After Exercise Under Hot Conditions: The Effect of Relative Humidity. *Wilderness Environ Med*, 30(3), 260-267. doi: 10.1016/j.wem.2019.04.009
13. Baggish, A. L., Wood, M. J. (2011). Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*, 123, 2723-2735.
14. Bahenský, P., Grosicki, G. J. (2021). Superior Adaptations in Adolescent Runners Using Heart Rate Variability (HRV)-Guided Training at Altitude. *Biosensors*, 11(77), 1-9. – URL: <https://doi.org/10.3390/bios11030077>
15. Bellenger, C. R., Karavirta, L., Thomson, R.L., Eileen, Y., Robertson, E.Y., Davison, K. et. al. (2016). Contextualizing Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes With Perceptions of Training Tolerance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 685-692. doi: <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0495>
16. Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M.C. et. al. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2161-2170. doi: 10.1123/IJSP.2017-0208
17. Fazackerley, L.A., Fell, J.W., Kitic, C.M. (2019). The effect of an ultra-endurance running race on heart rate variability. *Eur J Appl Physiol*, 119(9), 2001-2009. doi: 10.1007/s00421-019-04187-6
18. Haney, T. A., Mercer, J. A. (2011). A description of variability of pacing in marathon distance running. *International Journal of Exercise Science*, 4(2), 133-140.
19. Hynynen, E., Vesterinen, V., Rusko, H., Nummela, A. (2010). Effects of moderate and heavy endurance exercise on nocturnal HRV. *International Journal of Sports Medicine*, 31(6), 428-432.
20. James, L. J., Moss, J., Henry, J., Papadopoulou, C. and Mears S. A. (2017). Hypohydration impairs endurance performance: a blinded study. *Physiology Reports*, 5(12), 11-15. – URL: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.14814/phy2.13315>
21. Javaloyes, A., Sarabia, J.M., Lamberts, R.P., Plews, D., Moya-Ramon, M. (2020). Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Vs. Block Periodization in Well-Trained Cyclists. *J. Strength Cond. Res*, 34, 1511-1518.
5. Lyzohub, V. S. and Kozhemyako, T. V. (2014), "Individual'ni osoblyvosti pererobky informatsii riznoi skladnosti ta yii vegetatyvne zabezpechennya u osob z riznym rivnem individual'no-typologichnykh vlastyvostei VND" [Individual Features of Information Processing of Various Complexity and Its Vegetative Support in Individuals with Different Levels of Individual-Typological Properties of Higher Nervous Activity]. *Peculiarities of the formation and formation of psychophysiological functions of a person in ontogenesis: Mat. V symposium*, 48. [in Ukraine].
6. Makarenko, M. V., Lizogub, V. S., Petrenko, Y. O., Bibik, T. A., Yavnyk, O. E., Yukhymenko, L. I. (2002), "Funktsionalnyi stan tsentralnoi nervovoi systemy za umov pererobky informatsii riznoho stupenia skladnosti u osob z riznym rivnem rukhlyvosti osnovnykh nervovykh protsesiv" [Functional State of the Central Nervous System under Conditions of Processing Information of Different Degrees of Complexity in Individuals with Different Levels of Mobility of Basic Nervous Processes]. *Physiol. magazine*, 48(1), 9-14. [in Ukraine].
7. Mytskan, B. M., Ostapiak, Z. M., Mytskan, T. S., Korobeinikov, H. V., Drozd, S. & Tsynarskyi, V. Ya (2022), "Variabelnist sertsevoho rytmu u sportsmeniv" [Heart Rate Variability in Athletes]. *Rehabilitation and Recreation*, 12, 128-143. – URL: <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.12.18> [in Ukraine].
8. Popov, V. V., Fritzche, L. N. (2006), "Variabelnist sercevoogo ritmu: mozhlyvosti zastosuvannya v fiziologii ta klinichniy meditsini" [Heart rate variability: the potential for use in physiology and clinical medicine]. *Ukrainian medical journal*, 2(52), 24-31. [in Ukraine].
9. Popovych, O. I., Romanchuk, S. V. (2010), "Spetsial'na fizychna pidhotovka yak zasib adaptatsiyi do stres-faktoriv navchal'no-boyovoyi i boyovoyi diyal'nosti viys'kovosluzhbovtiv" [Special physical training as a means of adaptation to the stress factors of training, combat and combat activities of military personnel]. *Pedagogy, psychology and medical and biological problems of physical education and sports*, 11, 88-91. [in Ukraine].
10. Shyts, A. M., Berезovskiy, V. A., Mostoviy, S. Ye., Dynnyk, O. B. (2016), "Variabelnist sertsevoho rytmu v otsintsi stanu sertsevovudynnoi systemy u viiskovosluzhbovtiv Zbroinykh Syl Ukrainy iz zony provedennia antyterrorystychnoi operatsii z suputnim posttravmatychnym stresovym rozladom" [Variability of the heart rate in the assessment of the state of the cardiovascular system in servicemen of the Armed Forces of Ukraine from the area of the anti-terrorist operation with concomitant post-traumatic stress disorder]. *Modern aspects of military medicine*, 23, 232-244. [in Ukraine].
11. Yankevych, A. (2015), "Serdechno-sudynni zakhvoriuvannia u sportsmeniv" [Cardiovascular diseases in athletes]. *Medicines of Ukraine*, 4(25), 63-70. [in Ukraine].
12. Abellán-Aynés, López-Plaza, O. D., Alacid, F. Naranjo-Orellana, J., Manonelles, P. (2019). Recovery of Heart Rate Variability After Exercise Under Hot Conditions: The Effect of Relative Humidity. *Wilderness Environ Med*, 30(3), 260-267. doi: 10.1016/j.wem.2019.04.009
13. Baggish, A. L., Wood, M. J. (2011). Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*, 123, 2723-2735.
14. Bahenský, P., Grosicki, G. J. (2021). Superior Adaptations in Adolescent Runners Using Heart Rate Variability (HRV)-Guided Training at Altitude. *Biosensors*, 11(77), 1-9. – URL: <https://doi.org/10.3390/bios11030077>
15. Bellenger, C. R., Karavirta, L., Thomson, R.L., Eileen, Y., Robertson, E.Y., Davison, K. et. al. (2016). Contextualizing Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes With Perceptions of Training Tolerance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 685-692. doi: <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0495>

22. Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S. (2018). Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry Investigation*, 15(3), 235.
23. Lehrer, P., Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Frontiers in Psychology*, 5, 756.
24. Plews, D. J., Laursen, P. B., Meur, Y. L., Hausswirth, C., Kilding, A. E., Buchheit M. (2014). Monitoring training with heart-rate-variability: How much compliance is needed for valid assessment? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 783-790.
25. Rave, G., Fortrat, J.-O., Dawson, B., Carre, F., Dupont, G., Saeidi, A., Boullosa, D. (2018). Heart rate recovery and heart rate variability: Use and relevance in European professional soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport*, 18, 168-183.
26. Shlyk, N. I. (2015). Rapid assessment of the functional readiness of the body of athletes for training and competitive activity (according to the analysis of heart rate variability). *Science and Sport: Modern Trends*, 9(4), 5-15.
27. Souza, H. C. D., Philbois, S. V., Veiga, A. C., Aguilar, B. A. 2021. Heart Rate Variability and Cardiovascular Fitness: What We Know so Far. *Vasc Health Risk Manag*, 13(17), 701-711. doi: 10.2147/VHRM.S279322
28. Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella, J., Häkkinen, K. (2016). Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(7), 1347-1354.
29. West, B. J., Turalska, M. (2019). Hypothetical Control of Heart Rate Variability. *Frontiers in Physiology*, 10, 1-9. doi: 10.3389/fphys.2019.01078
16. Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M.C. et. al. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2161-2170. doi: 10.1123/IJSP.2017-0208
17. Fazackerley, L.A., Fell, J.W., Kitic, C.M. (2019). The effect of an ultra-endurance running race on heart rate variability. *Eur J Appl Physiol*, 119(9), 2001-2009. doi: 10.1007/s00421-019-04187-6
18. Haney, T. A., Mercer, J. A. (2011). A description of variability of pacing in marathon distance running. *International Journal of Exercise Science*, 4(2), 133-140.
19. Hynynen, E., Vesterinen, V., Rusko, H., Nummela, A. (2010). Effects of moderate and heavy endurance exercise on nocturnal HRV. *International Journal of Sports Medicine*, 31(6), 428-432.
20. James, L. J., Moss, J., Henry, J., Papadopoulou, C. and Mears S. A. (2017). Hypohydration impairs endurance performance: a blinded study. *Physiology Reports*, 5(12), 11-15. – URL: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.14814/phy2.13315>
21. Javaloyes, A., Sarabia, J.M., Lamberts, R.P., Plews, D., Moya-Ramon, M. (2020). Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Vs. Block Periodization in Well-Trained Cyclists. *J. Strength Cond. Res*, 34, 1511-1518.
22. Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S. (2018). Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry Investigation*, 15(3), 235.
23. Lehrer, P., Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Frontiers in Psychology*, 5, 756.
24. Plews, D. J., Laursen, P. B., Meur, Y. L., Hausswirth, C., Kilding, A. E., Buchheit M. (2014). Monitoring training with heart-rate-variability: How much compliance is needed for valid assessment? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 783-790.
25. Rave, G., Fortrat, J.-O., Dawson, B., Carre, F., Dupont, G., Saeidi, A., Boullosa, D. (2018). Heart rate recovery and heart rate variability: Use and relevance in European professional soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport*, 18, 168-183.
26. Shlyk, N. I. (2015). Rapid assessment of the functional readiness of the body of athletes for training and competitive activity (according to the analysis of heart rate variability). *Science and Sport: Modern Trends*, 9(4), 5-15.
27. Souza, H. C. D., Philbois, S. V., Veiga, A. C., Aguilar, B. A. 2021. Heart Rate Variability and Cardiovascular Fitness: What We Know so Far. *Vasc Health Risk Manag*, 13(17), 701-711. doi: 10.2147/VHRM.S279322
28. Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella, J., Häkkinen, K. (2016). Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(7), 1347-1354.
29. West, B. J., Turalska, M. (2019). Hypothetical Control of Heart Rate Variability. *Frontiers in Physiology*, 10, 1-9. doi: 10.3389/fphys.2019.01078

Надійшла до друку 10.03.2023