

8. FAT10 mediates the effect of TNF- $\alpha$  in inducing chromosomal instability / [Ren J., Wang Y., Gao Y. et al.] // Journal of cell science. – 2011. – Vol. 124, № 21. – P. 3665-3675.
9. Yoshimura T. Modulation of cytokine production from human mononuclear cells by several agents/ T. Yoshimura // Yakugaku Zasshi. – 2000. – Vol. 120, № 12. – P. 1277-1290.
10. Pat. 80665 Ukraї'na, (51) MPK (2013.01), A61K 38/00 A61K 39/00. Sposib otrymannja antygeniv iz medychnoi p'javky / Frolov O. K., Lytvynenko R. O., Kopijka V. V., Fedotov Je. R.; vlasnyk Derzhavnyj vyshhyj navchal'nyj zaklad «Zaporiz'kyj nacional'nyj universytet» Ministerstva osvity i nauky, molodi ta sportu Ukraї'ny. – № u 2012 13751 ; zajavl. 03.12.2012 ; opubl. 10.06.2013, Bjul. № 11.
11. Glanc S. Medyko-byologicheskaja statystyka / S. Glanc; per. s angl. – M. : Praktyka, 1999. – 459 s.
12. Sintez interlejkina-1 $\beta$  kul'turami mononuklearov, stimulirovannyh rastitel'nyh mitogenom i antigenami kol'checov / [A. K. Frolov, A. S. Priluckij, D. A. Lesnichenko i dr.] // Visnik Zaporiz'kogo nacional'nogo universitetu. Biologichni nauki. – 2015. – № 1. – S. 140-148.
13. Plotnikova S. V. Citokiny i molekuly mezhkletchoj adgezii kak markery sistemnogo vospaleniya pri ostryh lejkozah [Elektronnij resurs] / S. V. Plotnikova, G. Sh. Safuanova // Medicinskij vestnik Bashkortostana. – 2011. – № 6. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/tsitokiny-i-molekuly-mezhkletchoj-adgezii-kak-markery-sistemnogo-vospaleniya-pri-ostryh-lejkozah>
14. Autocrine TNF- $\alpha$  production supports CML stem and progenitor cell survival and enhances their proliferation / [Gallipoli P., Pellicano F., Morrison H. et al.] // Blood. – 2013. – Vol. 122 (19). – P. 3335-3339.
15. Osobennosti reakcii blastnoj transformacii limfocitov krovi donorov stimulirovannoj rastitel'nymi lektinami i antigenami kol'checov / Frolov A. K., Litvinenko R. A., Kopejka V.V., Fedotov E.R. // Problemy ekologii ta medycyny. – 2012. – № 5-6. – S. 37-40.

УДК 612.172:[796.071.2:796.42]

## **ОСОБЛИВОСТІ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ В СПОРТСМЕНІВ ІГРОВИХ ВИДІВ СПОРТУ ТА ЛЕГКОАТЛЕТІВ**

Шевчук Т.Я., Романюк А.П.

*Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки,  
43025, Україна, Луцьк, просп. Воли, 13*

tetyana\_shevchuk\_2013@ukr.net,  
romaniuk.alona@mail.ru

Вивчено особливості варіабельності серцевого ритму в спортсменів ігрових видів спорту та легкоатлетів. Встановлено, що в спортсменів ігрових видів спорту переважає посилення симпатичної регуляції, яка пригнічує активність автономного контуру, і цим засвідчує зростання активності центрального контуру управління. Спортсмени-легкоатлети характеризуються вищим рівнем тренуваності за показниками індексу напруженості регуляторних систем. У них виявлено статистично нижчі значення частоти серцевих скорочень, переважання парасимпатичних впливів механізмів регуляції серця. У спортсменів обох груп відмічали позитивні та негативні кореляційні взаємозв'язки між показниками варіабельності серцевого ритму.

*Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, спортсмени ігрових видів спорту, спортсмени-легкоатлети.*

Шевчук Т. Я., Романюк А. П. ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА И ЛЕГКОАТЛЕТОВ / Восточноевропейский национальный университет им. Лесі Українки, 43025, Украина, Луцк, просп. Воли, 13.

Изучены особенности вариабельности сердечного ритма у спортсменов игровых видов спорта и легкоатлетов. Установлено, что у спортсменов игровых видов спорта преобладает усиление симпатической регуляции, которая подавляет активность автономного контура, и этим показывает рост активности центрального контура управления. Спортсмены-легкоатлеты характеризуются высоким уровнем тренированности по показателям индекса напряженности регуляторных систем. У них обнаружено статистически низкие значения частоты сердечных сокращений, преобладание парасимпатических влияний механизмов регуляции сердца. У спортсменов обеих групп отмечали положительные и отрицательные корреляционные взаимосвязи между показателями вариабельности сердечного ритма.

*Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, спортсмены игровых видов спорта, спортсмены-легкоатлеты.*

Shevchuk T., Romaniuk A. FEATURES OF HEART RATE VARIABILITY IN ATHLETES PLAYING SPORTS AND ATHLETES / Eastern European National University of Lesya Ukrainka, 43025, Ukraine, Lutsk, ave. Voli, 13.

It is known that a living organism is subjected to regulation and can't assess the functional state of the organism and its adaptive capacity without determining the quality of regulation. Heart rhythm obeys a hierarchical system structures and mechanisms, including the brain and intracardiac level. Analysis of heart rate variability is a method of evaluating state regulatory mechanisms of physiological functions in the human body, and the total activity of regulatory mechanisms, neurohumoral regulation of the heart, relationship between the sympathetic and parasympathetic autonomic nervous system links.

Evaluation features heart rate variability in athletes allows scientific approach to forecasting physical abilities to solve problems of selection for sports, build more efficient training regimen and monitor and analyze the functional state of athletes. However, you must consider the fact that different orientation training process influences differently on adaptation abilities.

Given the fact that the assessment of heart rate variability is one of the main indicators of adaptive capacity study and individual characteristics of athletes of different sports specialization, the question of studying the interactions of these indicators.

The aim of the study was to explore the features of heart rate variability in athletes and team sports athletes.

The study involved 52 men. All were athletes of different specializations and qualifications, age 17-25 years. Athletes are healthy, according to physical and psycho-neurological examination. According sports specialization are divided into two groups: I group – athletes of team sports (basketball, volleyball, football), II group – athletes (sprint stayers, walking trails). Athletes have sports title Master of Sports (MS), and sports categories from III to Candidate Master of Sports (CMS). The number of investigated amounted to 26 people in each group. Statistical data processing was performed using the statistical package MedStat.

The results heart rate variability, which differed from the normal distribution and processed using nonparametric statistical methods Wilkie-Shapiro criterion.

The results confirm decrease of SDNN athletes in team sports and increased sympathetic regulation, which suppresses activity independent circuit. In contrast to athletes the value of this parameter is increased contrast and such a result can be associated with both of the so sympathetic parasympathetic effects on heart rhythm. Given the fact that our study was carried out short-term analysis of the records suggests that this increase in SDNN values associated with the strengthening of autonomous regulation, that is, the increasing influence of breathing on heart rhythm.

The predominance of parasympathetic over sympathetic link of regulation manifests itself in the group of athletes playing sports. In this group of athletes decreased rate pNN50. In athletes pNN50 value is slightly higher compared with athletes playing sports.

Mo values in athletes play sports is higher than athletes. According importance Amo, which corresponds to the fashion in % of the sample size is higher in athletes playing sports. This reflects stabilizing effect of heart rhythm management centralization, which is mainly due to the degree of activation of the sympathetic division of the autonomic nervous system.

H (SI) – the index of regulatory systems tension. This is a very sensitive indicator of the autonomic nervous system, which reflects the degree of centralization of heart rhythm management and characterizes the activity of the sympathetic division of the autonomic nervous system. It is widely used in sports medicine, physiology, space research and in clinical practice and other areas. Athletes of rate index (SI) is 50-150 units. In our study, this indicator is higher in athletes play sports, compared to athletes. The lower the tension of regulatory systems, the higher physical fitness. Given this higher level of physical fitness was in athletes.

Spectral methods of analysis of heart rate variability make it possible to analyze the spectral power density fluctuations and provide information about the distribution of power depending on the frequency of oscillation.

IC – index of centralization, not reflecting the predominance of respiratory sinus arrhythmia components of the breathing or the ratio between the autonomous and central contours of heart rate regulation. This index allows to analyze the activity of cardiovascular subcortical centers that activities associated with higher levels of management. The value of this indicator is higher in athletes and team sports indicates activity increase central control loop.

An important indicator is the heart rate – HR. HR value is lower in athletes-athletes, compared to athletes playing sports, resulting predominance of parasympathetic effects of regulatory mechanisms in athletes.

To determine the closeness of relationships between HRV parameters we used Pearson correlation in the distribution of values that do not differ from normal and Spearman correlation in the distribution of values

that are different from normal. The correlation coefficient  $r$  may have a value of  $-1$  and  $+1$ . The closer the relationship, the more important  $r$ .

In our study, using Pearson correlation established positive correlation in the relationship between athletes indicators CV and SDNN,  $r = 0,927$ ; VAR and SDNN,  $r = 0,935$ ; Mo and mRR,  $r = 0,986$ ; CV and VAR,  $r = 0,900$ ; VAR and HRV,  $r = 0,910$ . Because many heart rate variability correlated with each other more than we stopped at two of them: VAR (variation scope) and SDNN. The first indicator shows the predominance of parasympathetic effects, respectively VAR increase correlated with SDNN, an increase of this index characterizes influence of parasympathetic predominance of autonomic nervous.

Athletes play sports using Pearson correlation, the following negative correlation relationship: mRR and HR,  $r = -0,991$ ; HR and Mo,  $r = -0,963$ . Negative relationships indicate that while reducing the rate of one another increases. The level of functioning of the cardiovascular system characterizes index mRR, while reducing it increases with decreasing heart rate HR.

Athletes sports game found predominance sympathetic link of regulation. The value of power high-frequency oscillations of heart rate variability is statistically lower compared to the athlete that shows reduced activity mechanisms of self-regulation and activation centers metabolic energy.

Athlete athletes are characterized by a predominance of parasympathetic over sympathetic link of regulation, higher levels of physical fitness. Lowering the activity of the central control loop.

Athletes of both groups noted the positive and negative correlation relationship between heart rate variability. Positive correlation VAR and SDNN indicates the influence of parasympathetic predominance of autonomic nervous system in athletes-athletes. The negative correlation between mRR and HR athletes in team sports characterizes the functioning of the cardiovascular system, reducing mRR leads to an increase in heart rate.

*Key words: heart rate variability, athletes playing sports, athletes.*

## ВСТУП

Відомо, що в живому організмі все піддається регуляції і неможливо оцінити функціональний стан організму і його адаптаційні можливості без визначення якості регуляції. Ритм серця підпорядковується ієрархічній системі структур та механізмів, включаючи мозковий і внутрішньосерцевий рівні. Аналіз варіабельності серцевого ритму є методом оцінювання стану механізмів регуляції фізіологічних функцій в організмі людини, а також загальної активності регуляторних механізмів, нейрогуморальної регуляції серця, співвідношення між симпатичною та парасимпатичною ланками вегетативної нервової системи.

Аналіз варіабельності серцевого ритму нині є одним із найпоширеніших методів у медицині і фізіології. Підтвердженням цього є публікації, присвячені вивченню особливостей варіабельності серцевого ритму [1–4]. Інтерес до цього методу не згасає, оскільки дає змогу отримати нову і практично важливу інформацію в найрізноманітніших сферах застосування. Окрім фізіології, не є виключенням і такі науково-практичні рекомендації у фізіології спорту, спортивній медицині та інших галузях.

Сучасний рівень спортивних досягнень висуває необхідні умови до вивчення і оцінювання функціональних станів та адаптаційних можливостей всіх систем організму у взаємозв'язку, визначення якісної специфіки і їх функціонування в умовах конкретного виду спорту.

Залежно від характеру механізмів регуляції, рівня фізіологічних резервів і фізіологічної ціни адаптації основних адаптивних систем визначається стійкість організму спортсмена до тренувальних і змагальних навантажень, спортивного результату, збереження позитивної динаміки стану здоров'я [5]. До комплексу адаптивних систем організму входить серцево-судинна система. Ця найбільш мобільна система організму в процесах адаптації до м'язових навантажень забезпечує кінцевий спортивний результат.

Оцінка особливостей показників варіабельності серцевого ритму в спортсменів дозволяє науково прогнозувати фізичні можливості, вирішувати проблеми відбору для занять спортом, більш раціонально будувати режим тренувань і контролювати та аналізувати функціональний стан спортсменів. Водночас необхідно врахувати той факт, що різна спрямованість тренувального процесу по-різному впливає на адаптаційні можливості організму.

У спортсменів з великою тривалістю динамічних навантажень (тренування на витривалість) частка випадкових впливів на пейсмеркерну активність синусового вузла зменшується. Тобто синоатріальний вузол стає відносно незалежним від морфометричних та гемодинамічних показників діяльності серця [3, 6].

У групі спортсменів, які розвивають швидкість і силу, спостерігається більш тісний взаємозв'язок показників варіабельності серцевого ритму з морфометрією і гемодинамікою серця.

Зважаючи на той факт, що оцінка показників варіабельності серцевого ритму є одним із основних показників вивчення адаптаційних можливостей, а також індивідуальною характеристикою спортсменів різної спортивної спеціалізації, актуальним є питання вивчення взаємозв'язків цих показників.

Науковий доробок щодо вивчення варіабельності серцевого ритму у спортсменів є доволі значним [1, 2, 7, 8], водночас залишається не вивченим питання особливостей варіабельності серцевого ритму саме в спортсменів ігрових видів спорту та легкоатлетів.

Метою дослідження було вивчення особливостей показників варіабельності серцевого ритму в спортсменів ігрових видів спорту та спортсменів-легкоатлетів.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні взяли участь 52 особи чоловічої статі. Усі вони спортсмени різної спеціалізації та кваліфікації, віком 17–25 років. За даними соматичного та психоневрологічного обстеження спортсмени були здоровими. Згідно з спортивною спеціалізацією поділені на дві групи: I група – спортсмени ігрових видів спорту (баскетбол, волейбол, футбол), II група – спортсмени-легкоатлети (спринт, стаєри, спортивна ходьба). Спортсмени мали спортивне звання майстра спорту (МС), а також спортивні розряди від III до кандидата в майстри спорту (КМС).

Кількість досліджуваних складало 26 осіб у кожній групі. Розрахунок об'єму вибірки здійснювався за допомогою модуля *Планування експерименту* в статистичному пакеті MedStat [9]. Планування експерименту дозволяє перед проведенням експерименту провести оцінку розміру вибірки, достатньої для виявлення біологічно значимого ефекту з врахуванням потужності статистичного критерію і рівня значимості. У модулі використовуються методи оцінки об'єму вибірки для порівняння двох частот і для порівняння двох середніх. Ми використовували метод оцінки для порівняння двох середніх. Під час розрахунку об'єму вибірки рівень значимості складав 5%, а потужність – 80%. Стандартне відхилення 3,4, а біологічно значимий ефект 2.

Статистичну обробку даних здійснювали, використовуючи статистичний пакет MedStat. Залежно від розподілу даних, що піддаються нормальному чи відмінному від нормального розподілу значень, використовували описову статистику, критерій Стьюдента, коефіцієнт кореляції Спірмена та Пірсона.

Запис варіабельності серцевого ритму здійснювали за допомогою портативного електрокардіографа «КардіоЛаб ВСР», розробленого «ХАІ-МЕДИКА». Стан вегетативної нервової системи на базі аналізу ВСР досліджували в умовах відносного спокою – визначення вегетативного фону або загального вегетативного тону. Тривалість ЕКГ-запису складала 300 секунд. Запис моніторної ЕКГ з метою аналізу ВСР здійснювали вранці після 1,5–2 годин після прийому їжі, у тихій затемненій кімнаті, з постійною температурою 20–22°C. Запис здійснювали в положенні лежачи на спині, при спокійному диханні: обстежуваний не кашляв, не ковтав слини, не розмовляв, не робив глибоких вдихів.

Електроди основних відведень накладали за загальноприйнятою методикою: червоний – R (на праву руку), жовтий – L (на ліву руку), зелений – F (ліву ногу), чорний – N (праву ногу). Електроди накладали відповідно на внутрішню поверхню правого і лівого передпліччя і

нижню третину лівої і правої гомілки. Переконавшись у стійкості і якості реєстрації ЕКГ, приступали до її запису в пам'ять комп'ютера. Різноманітні артефакти, які були обумовлені мережевим наведенням, м'язовим тремором, поганим контактом електродів із шкірою, неспокійною поведінкою обстежуваного та іншими причинами, ми відфільтрували відповідно до інструкції по роботі з електрокардіографом.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В основі дослідження варіабельності серцевого ритму лежить вимірювання часових інтервалів між R-зубцями (RR-інтервалів, кардіоінтервалів) електрокардіограми (ЕКГ) і побудови на їх основі ритмограми з наступним її аналізом за допомогою різноманітних методів.

Отримані результати показників варіабельності серцевого ритму, що відрізнялися від нормального розподілу, оброблялися за допомогою непараметричних методів статистики критерію Шапіро-Уїлка. Значення показників SDNN, RMSSD, pNN50, CV, що застосовуються для безпосередньої кількісної оцінки варіабельності серцевого ритму за досліджуваній проміжок часу в спортсменів ігрових видів спорту представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники варіабельності серцевого ритму в спортсменів ігрових видів спорту (розподіл значень відрізняється від нормального).

Показники	Медіана	I квар- тиль	III квар- тиль	Мінімум	Максимум	Пох. медіани	Лівий (95% ВІ)	Правий (95% ВІ)
SDNN	57	48	73	42	118	4,346	48	68
RMSSD	35	31	54	26	83	3,68	31	50
pNN50	13,5	10	25	4	58	3,331	11	24
CV	7	6	8	5	15	0,5058	6	8
HRV	12,5	11	16	8	27	1,018	11	15
TP	3230,5	2225	5209	1678	13716	641,4	2246	4539
VLF	1089	580	1840	222	9656	447,1	592	1442
LF	1295	936	2067	607	3639	196,3	1053	2021
HF	556,5	369	984	157	3294	169,7	438	973
IC	4,04	3,24	6,13	1,02	11,4	0,6888	3,47	5,78
VAP	254	234	297	172	469	14,04	234	281

SDNN – сумарний показник варіабельності величин інтервалів RR за досліджуваній період, є одним з основних показників варіабельності серцевого ритму і характеризує загальний стан механізмів регуляції (активності вегетативної нервової системи) [10]. У спортсменів ігрових видів спорту значення SDNN становить  $57 \text{ мс} \pm 4,346$ , а у спортсменів-легкоатлетів –  $70,85 \text{ мс} \pm 27,93$ .

Отримані результати підтверджують зменшення значень SDNN у спортсменів ігрових видів спорту і посилення симпатичної регуляції, яка пригнічує активність автономного контуру. У спортсменів-легкоатлетів значення цього показника є збільшеним, і такий результат може бути пов'язаний як із симпатичними, так і з парасимпатичними впливами на ритм серця. Зважаючи на те, що в нашому дослідженні здійснювався аналіз короткотривалих записів, можна припустити, що таке збільшення значень SDNN пов'язане з посиленням автономної регуляції, тобто збільшенням впливу дихання на ритм серця.

Квадратний корінь із суми квадратів різниці величин послідовних пар інтервалів NN – RMSSD характеризує активність парасимпатичної ланки вегетативної регуляції [11]. Значення цього показника в спортсменів ігрових видів спорту і легкоатлетів перебуває в межах норми. Проте слід відмітити зниження значень RMSSD у спортсменів ігрових видів спорту, порівняно зі спортсменами-легкоатлетами.

Переважаюча парасимпатичної ланки регуляції над симпатичною проявляється в групі спортсменів ігрових видів спорту. У цій групі спортсменів відзначено зниження показника рNN50. У спортсменів-легкоатлетів значення рNN50 є дещо більшим, порівняно з спортсменами ігрових видів спорту (табл. 1–2.).

Часовий показник варіабельності серцевого ритму CV – коефіцієнт варіації всього масиву кардіоінтервалів є нормованим показником сумарного ефекту регуляції [11, 12]. За допомогою критерію Шапіро-Уїлка (W) перевіркою розподілу на нормальність встановлено його відмінність,  $W=0,805$  при  $p \leq 0,01$ . Виявлено однакові значення CV у двох групах спортсменів.

Таблиця 2 – Показники варіабельності серцевого ритму в спортсменів-легкоатлетів спорту (розподіл значень відрізняється від нормального).

Показники	Медіана	I квар- тиль	III квар- тиль	Мінімум	Максимум	Пох. медіани	Лівий (95% ВІ)	Правий (95% ВІ)
HR	69,5	59	80	49	114	3,438	60	76
pNN50	28	6	49	1	76	5,689	7	48
TP	5364	2502	8319	675	15841	1015	2842	6768
VLF	1060,5	578	2030	138	5039	292,6	580	1964
LF	1737,5	773	3878	349	8703	487,3	1015	3600
HF	1007	393	2891	75	7300	459,4	400	1984
LF/HF	1,515	1,02	3,34	0,19	14,76	0,8321	1,11	2,86
IC	2,715	1,91	6,55	0,32	16,71	0,9827	1,94	5,18
Амо	29,5	22	44	17	77	3,875	23	44
ІН(SI)	64	32	124	22	509	30,76	36	116

Серед геометричних методів варіабельності серцевого ритму ми аналізували такі показники, як: Амо, Мо, ВАР, ІН(SI). Мо – це значення RR-інтервалів, яке найбільш часто зустрічається і відповідає найбільш ймовірному рівню функціонування систем регуляції [2, 10].

Значення Мо у спортсменів ігрових видів спорту є дещо вищим, ніж у спортсменів-легкоатлетів (табл. 3–4.). Відповідно значення Амо, тобто число кардіоінтервалів, яке відповідає значенню моди, у % до об'єму вибірки є вищим у спортсменів ігрових видів спорту. Це відображає стабілізуючий ефект централізації управління ритмом серця, який зумовлений в основному ступенем активації симпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Таблиця 3 – Показники варіабельності серцевого ритму в спортсменів ігрових видів спорту (розподіл значень не відрізняється від нормального).

Показники	Середнє	Середнє кв. відх-ня	Пох. середнього	Мінімум	Максимум	Лівий (95% ВІ)	Правий (95% ВІ)
HR	72,92	8,28	1,624	57	88	69,58	76,27
mRR	833,3	95,97	18,82	682	1060	794,5	872,1
LFnorm	68,42	11,05	2,166	45	85	63,96	72,88
HFnorm	31,58	11,05	2,166	15	55	27,12	36,04
LF/HF	2,547	1,229	0,241	0,82	5,55	2,051	3,043
Mo	805,8	107,1	21	650	1050	762,5	849
Амо	34,96	8,253	1,619	17	48	31,63	38,3
ІН(SI)	89,15	36,06	7,072	23	152	74,59	103,7

Варіаційний розмах відображає ступінь варіативності значень кардіоінтервалів у досліджуваному динамічному ряду [7, 8]. За фізіологічним змістом ВАР – це максимальна амплітуда регуляторних впливів вегетативної нервової системи. Цей показник є вищим у спортсменів ігрових видів спорту (табл. 1, 4).

ІН(SI) – індекс напруженості регуляторних систем. Це дуже чутливий показник стану вегетативної нервової системи, який відображає ступінь централізації управління ритмом серця і характеризує активність симпатичного відділу вегетативної нервової системи. Він широко застосовується в спортивній медицині, фізіології праці, космічних дослідженнях, а також у клінічній практиці та інших галузях [10]. У спортсменів норма показника ІН(SI) складає 50–150 одиниць. У нашому дослідженні значення цього показника є вищим у спортсменів ігрових видів спорту, порівняно зі спортсменами-легкоатлетами (табл. 2-3). Чим нижча напруженість регуляторних систем, тим вища фізична тренуваність. Зважаючи на це, рівень фізичної тренуваності вищим був у спортсменів-легкоатлетів.

Таблиця 4 – Показники варіабельності серцевого ритму в спортсменів-легкоатлетів (розподіл значень не відрізняється від нормального).

Показники	Середнє	Середнє кв. відх-ня	Пох. середнього	Мінімум	Максимум	Лівий (95% ВІ)	Правий (95% ВІ)
mRR	886,5	161,2	31,62	528	1219	821,3	951,6
SDNN	70,85	27,93	5,477	26	126	59,57	82,13
RMSSD	55,73	29,83	5,851	15	114	43,68	67,78
CV	7,769	2,405	0,4717	4	13	6,798	8,741
HRV	14,77	5,771	1,132	6	27	12,44	17,1
LFnorm	62,96	18,73	3,673	16	94	55,4	70,53
HFnorm	37,04	18,73	3,673	6	84	29,47	44,6
ВАР	279,8	81,48	15,98	117	445	246,9	312,7
Mo	850	165,5	32,46	500	1200	783,1	916,9

Спектральні методи аналізу варіабельності серцевого ритму дозволяють аналізувати спектральну щільність потужності коливань і надають інформацію про розподіл потужності залежно від частоти коливань [12]. Враховуючи їх широке застосування, ми аналізували такі показники: TP, LFnorm, HFnorm, VLF, LF/HF, LF, HF, IC.

TP – це загальна потужність спектру або повний спектр частот, що характеризують ВСР. Ця потужність у діапазоні від 0,003 до 0,40 Гц відображає сумарну активність вегетативної взаємодії на серцевий ритм і має той же фізіологічний зміст, що й SDNN. Значення TP є нижчим у спортсменів ігрових видів спорту, порівняно з легкоатлетами, і вказує на мобілізацію функціональних резервів організму в ігровиків та активацію нижчих рівнів управління в спортсменів-легкоатлетів.

HF – це потужність високочастотних коливань ВСР у діапазоні частот 0,15-0,40 Гц. Потужність у цьому діапазоні в основному пов'язана з дихальними рухами і відображає вагусний контроль серцевого ритму (парасимпатичну активність) [1, 5]. Досліджуваний показник в спортсменів ігрових видів спорту є нижчим порівняно з легкоатлетами. Це вказує на автономний контур управління та зниження активності механізмів саморегуляції у ігровиків.

Відповідно, LF – це потужність низькочастотних коливань у діапазоні 0,04-0,15 Гц. Ці коливання мають змішане походження. На потужність у цьому діапазоні впливають зміни як симпатичної (переважно), так і парасимпатичної активності. Нижчі значення цього показника в групі спортсменів ігрових видів спорту, порівняно зі спортсменами-легкоатлетами вказують на зниження активності симпатичного відділу судинного центру. Під час цього задіяний центральний контур управління.

VLF характеризує низькочастотні коливання в діапазоні 0,003-0,04 Гц. Фізіологічні фактори, які впливають на них, – ренін-ангіотензинова система, концентрація катехоламінів в плазмі, система терморегуляції та інші. Значення цього показника є вищим у спортсменів ігрових видів спорту і засвідчують активацію центрів енерго-метаболического обміну.

LF/HF – симпато-вагальний індекс, що характеризує відношення або баланс симпатичних та парасимпатичних впливів на ритм серця. Значення цього показника є вищим у групі спортсменів ігрових видів спорту і характеризує зростання активності центрального контуру управління. У спортсменів-легкоатлетів спостерігаються дещо нижчі значення, що вказують на зменшення активності центрального контуру управління.

LFnorm, HFnorm – це потужності в діапазоні низьких та високих частот у нормалізованих одиницях, що характеризують відносний вклад симпатичних та парасимпатичних впливів на ритм серця [12]. Між значеннями LFnorm, HFnorm у двох групах спортсменів статистично відмінної різниці не виявлено.

IC – індекс централізації, відображає переважання недихальних складових синусової аритмії над дихальними або співвідношення між автономними і центральними контурами регуляції серцевого ритму. Цей показник дає змогу аналізувати активність серцево-судинного підкіркового центру, що пов'язаний із діяльністю вищих рівнів управління [10]. Значення цього показника є вищим у спортсменів ігрових видів спорту і вказує на ріст активності центрального контуру управління.

Важливим показником є частота серцевих скорочень – HR. Значення HR є нижчим у спортсменів-легкоатлетів, порівняно з спортсменами ігрових видів спорту, що є наслідком переважання парасимпатичних впливів механізмів регуляції в легкоатлетів.

Для визначення тісноти взаємозв'язків між показниками ВСР ми використовували кореляцію Пірсона при розподілі значень, які не відрізняються від нормального, та Кореляцію Спірмена при розподілі значень, які відрізняються від нормального. Коефіцієнт кореляції  $r$  може мати значення від  $-1$  до  $+1$ . Чим тісніший взаємозв'язок, тим більше значення  $r$ .



У нашому дослідженні за допомогою кореляції Пірсона встановлено позитивні кореляційні взаємозв'язки в спортсменів-легкоатлетів між показниками CV та SDNN,  $r = 0,927$ ; BAP та SDNN,  $r = 0,935$ ; Mo та mRR,  $r = 0,986$ ; CV та BAP,  $r = 0,900$ ; BAP та HRV,  $r = 0,910$ . Оскільки багато показників варіабельності серцевого ритму корелюють один з одним, ми детальніше зупинимося на двох: BAP (варіаційний розмах) та SDNN. Перший показник характеризує переважання парасимпатичного впливу, відповідно збільшення BAP корелює з SDNN, збільшення цього показника характеризує переважання впливу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

За допомогою кореляції Спірмена [9] встановлено такі позитивні взаємозв'язки в цій самій групі спортсменів: ИH(SI) та TP,  $r = 0,981$ ; ИH(SI) та Aмо,  $r = 0,970$ ; HF та pNN50,  $r = 0,955$ , а також такі негативні взаємозв'язки Aмо та TP,  $r = - 0,960$ .

У спортсменів ігрових видів спорту за допомогою кореляції Пірсона встановлено такі негативні кореляційні взаємозв'язки: mRR та HR,  $r = - 0,991$ ; HR та Mo,  $r = - 0,963$ . Негативні зв'язки вказують на те, що при зниженні одного показника інший зростає. Рівень функціонування серцево-судинної системи характеризує показник mRR, тобто при зниженні його зростає частота серцевих скорочень HR.

Встановлено позитивні зв'язки – mRR та Mo,  $r = 0,973$ ; ИH(SI) та Aмо,  $r = 0,919$ . За допомогою кореляції Спірмена виявлено такі позитивні взаємозв'язки: pNN50 та RMSSD,  $r = 0,969$ ; TP та SDNN,  $r = 0,993$ . Оскільки pNN50 та RMSSD змінюються синхронно і однонаправлено, виявлено сильний позитивний взаємозв'язок цих показників у групі спортсменів ігрових видів спорту, що засвідчує переважання парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Сильний позитивний зв'язок встановлено і між показниками TP та SDNN, що можна пояснити аналогічними характеристиками цих двох показників. Проте слід відмітити, що TP характеризує тільки періодичні процеси, на відміну від показника SDNN, тому доцільно використовувати ці два показники в комплексі при оцінюванні ВСР.

Таким чином, оцінка варіабельності серцевого ритму дає змогу отримати необхідні дані про функціональний стан спортсмена, оцінити тренувальний процес і знайти шлях його оптимізації.

Перспективами подальших досліджень є вивчення особливостей варіабельності серцевого ритму в спортсменів ігрових видів спорту та легкоатлетів із різним рівнем особистісної та ситуативної тривожності, а також вивчення особливостей викликаної активності кори головного мозку в спортсменів із різним типом вегетативної регуляції.

## ВИСНОВКИ

1. У спортсменів ігрових видів спорту виявлено переважання симпатичної ланки регуляції. Значення потужності високочастотних коливань варіабельності серцевого ритму є статистично нижчим порівняно з легкоатлетами, що засвідчує зниження активності механізмів саморегуляції та активації центрів енерго-метаболічного обміну.
2. Спортсмени-легкоатлети характеризуються переважанням парасимпатичної ланки регуляції над симпатичною, вищим рівнем фізичної тренуваності. Виявлено зменшення активності центрального контуру управління.
3. У спортсменів обох груп відмічали позитивні та негативні кореляційні взаємозв'язки між показниками варіабельності серцевого ритму. Позитивний кореляційний зв'язок BAP та SDNN вказує на переважання впливу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи в спортсменів-легкоатлетів. Негативний кореляційний зв'язок між mRR та HR у спортсменів ігрових видів спорту характеризує функціонування серцево-судинної системи, зниження mRR призводить до збільшення частоти серцевих скорочень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бань А. С. Использование вегетативного показателя для оценки вариабельности ритма сердца спортсменов игровых видов спорта / А.С. Бань, Г. М. Загородный, О. В. Петрова // Современные проблемы реабилитации и спортивной медицины: Материалы Республиканской науч.-практич. конф., посвящ. 50-летию кафедры медицинской реабилитации УО «ГрГМУ». – Гродно, 2012. – С. 29-33.
2. Гавриш И. В. Вариабельность сердечного ритма в оценке физической формы у квалифицированных спортсменов / И. В. Гавриш // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Челябинск, 2010. – С. 226-229.
3. Коробейников Г. В. Вариабельность ритма сердца как физиологический механизм адаптации к условиям напряженной мышечной деятельности / Г.В. Коробейников, А. А. Приймаков // Вестник Балтийской педагогической академии, 2004. – Вып. 54. – С. 19-25.
4. Ткачук В. Г. Исследование функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у спортсменов в процессе соревновательной деятельности с использованием частотного и фрактального методов / В. Г. Ткачук, С. Н. Битко // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання та спорту. – 2010. – № 5. – С. 145-147.
5. Питкевич Ю. Э. Вариабельность сердечного ритма / Ю.Э. Питкевич // Проблемы здоровья и экологии, 2010. – № 4 (26). – С. 101-106.
6. Хаспекова Н. Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца / Н. Б. Хаспекова // Вестник аритмологии. – 2003. – № 32. – С. 15-23.
7. Машин В. А. Зависимость показателей вариабельности сердечного ритма от средней величины R-R интервалов / В. А. Машин // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, 2002. – Т. 88. – № 7. – С. 851-855.
8. Попов В. В. Вариабельность сердечного ритма: возможности применения в физиологии и клинической медицины / В.В. Попов, Л.Н. Фрицше // Український медичний часопис. – 2006. – № 2 (52). – С. 24-31.
9. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицины и фармации статистическим пакетом MadStat / [Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г., Хоменко В.Е. и др.]. – Донецк, 2006. – 211 с.
10. Яблучанский Н. И. Вариабельность сердечного ритма / Н.И. Яблучанский, А. В. Мартыненко. – Х., 2013. – 131 с.
11. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения / В. М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.
12. Рагозин А. Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма / А. Н. Рагозин // Вестник аритмологии. – 2001. – № 22. – С. 37-40.

## REFERENCES

1. Ban' A. S. Ispol'zovanie vegetativnogo pokazatelja dlja ocenki variabel'nosti ritma serdca sportsmenov igrovyh vidov sporta / A. S. Ban', G. M. Zagorodnyj, O. V. Petrova // Sovremennye problemy reabilitacii i sportivnoj mediciny: Materialy Respublikanskoj nauch.-praktich. konf., posvjashh. 50-letiju kafedry medicinskoj reabilitacii UO «GrGMU». – Grodno, 2012. – S. 29-33.
2. Gavrish I. V. Variabel'nost' serdechnogo ritma v ocenke fizicheskoj formy u kvalificirovannyh sportsmenov / I. V. Gavrish // Adaptacija biologicheskikh sistem k estestvennym i jekstremal'nym faktoram sredy: Materialy III Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. – Cheljabinsk, 2010. – S. 226-229.
3. Korobejnikov G.V. Variabel'nost' ritma serdca kak fiziologicheskij mehanizm adaptacii k uslovijam naprjazhennoj myshechnoj dejatel'nosti / G.V. Korobejnikov, A.A. Prijmakov // Vestnik Baltijskoj pedagogicheskoy akademii, 2004. – Vyp. 54. – S. 19-25.
4. Tkachuk V. G. Issledovanie funkcional'nyh rezervov serdechno-sosudistoj sistemy u sportsmenov v processe

- sorevnovatel'noj dejatel'nosti s ispol'zovanie chastotnogo i fraktal'nogo metodov / V.G. Tkachuk, S.N. Bitko // Pedagogika, psihologija ta mediko-biologichni problemi fizichnogo viovannja ta sportu. – 2010. – № 5. – S. 145-147.
5. Pitkevich Ju. Je. Variabel'nost' serdechnogo ritma / Ju.Je. Pitkevich // Problemy zdorov'ja i jekologii, 2010. – № 4 (26). – S. 101-106.
  6. Haspekova N. B. Diagnosticheskaja informativnost' monitorirovanija variabel'nosti ritma serdca / N. B. Haspekova // Vestnik aritmologii. – 2003. – № 32. – S. 15-23.
  7. Mashin V. A. Zavisimost' pokazatelej variabel'nosti serdechnogo ritma ot srednej velichiny R-R intervalov / V. A. Mashin // Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova, 2002. – T. 88. – № 7. – S. 851-855.
  8. Popov V.V. Variabel'nost' serdechnogo ritma: vozmozhnosti primenenija v fiziologii i klinicheskoy mediciny / V.V. Popov, L.N. Fricshе // Ukrains'kij medichnij chasopis. – 2006. – № 2 (52). – S. 24-31.
  9. Osnovy komp'juternoj biostatistiki: analiz informacii v biologii, mediciny i farmacii statisticheskim paketom MadStat / [Ljah Ju. E., Gur'janov V.G., Homenko V.E. i dr.]. – Doneck, 2006. – 211 s.
  10. Jabluchanskij N. I. Variabel'nost' serdechnogo ritma / N.I. Jabluchanskij, A.V. Martynenko. – H., 2013. – 131 s.
  11. Mihajlov V. M. Variabel'nost' ritma serdca. Opyt prakticheskogo primenenija / V.M. Mihajlov. – Ivanovo, 2000. – 200 s.
  12. Ragozin A.N. Informativnost' spektral'nyh pokazatelej variabel'nosti serdechnogo ritma / A.N. Ragozin // Vestnik aritmologii. – 2001. – № 22. – S. 37-40.