

# Встановлення нормативних значень показників математичного аналізу варіабельності серцевого ритму у кваліфікованих футболістів

УДК 796:615.817+616-074

**В. М. Ільїн, М. М. Філіппов, К. О. Апихтін**

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

**Резюме.** *Мета.* Обґрунтувати методичні підходи до встановлення нормативних значень показників математичного аналізу варіабельності серцевого ритму у кваліфікованих спортсменів. *Методи.* У дослідженнях взяли участь 45 футболістів 14–18-річного віку в підготовчий період перед змаганнями. Було проведено фонові і навантажувальні ритмокардіографічні дослідження за допомогою програмно-апаратного комплексу, розраховано статистичні характеристики динамічного ряду кардіоінтервалів і спектральні потужності спектра ритмокардіограм. *Результати.* Одержано усереднені значення показників математичного і спектрального аналізу ритмокардіограм, які не тільки характеризують хвильову структуру серцевого ритму, а й відображають ступінь і характер впливів на серцевий ритм різних ланок регуляторної системи підтримки вегетативного гомеостазу. Проведений факторний аналіз дозволив виділити найбільш значущі показники математичного аналізу варіабельності серцевого ритму, які є орієнтовними для визначення їх нормативних величин. *Висновки.* Випробувано методичні підходи та математичний апарат для встановлення нормативних значень статистичних і спектральних показників варіабельності серцевого ритму для спортсменів різних видів спорту.

**Ключові слова:** варіабельність серцевого ритму, математичний аналіз, нормативні значення.

## Установление нормативных значений показателей математического анализа вариабельности сердечного ритма у квалифицированных футболистов

**В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, К. О. Апыхтин**

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

**Резюме.** *Цель.* Обосновать методические подходы к определению нормативных значений показателей вариабельности сердечного ритма у квалифицированных спортсменов. *Методы.* В исследованиях приняли участие 45 футболистов 14–18-летнего возраста в подготовительный период перед соревнованиями. Были проведены фоновые и нагрузочные ритмокардиографические исследования с помощью программно-аппаратного комплекса, рассчитывались статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов и спектральные мощности спектра ритмокардиограмм. *Результаты.* Получены усредненные значения показателей математического и спектрального анализа ритмокардиограмм, не только характеризующие волновую структуру сердечного ритма, но и отображающие степень и характер влияний на сердечный ритм разных звеньев регуляторной системы поддержки вегетативного гомеостазу. Проведенный факторный анализ позволил выделить наиболее значимые показатели математического анализа вариабельности сердечного ритма, которые являются ориентировочными для определения их нормативных величин. *Выводы.* Опробованы методические подходы и математический аппарат для определения нормативных значений статистических и спектральных характеристик показателей вариабельности сердечного ритма для спортсменов разных видов спорта.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, математический анализ, нормативные значения.

## Establishment of standard values of indices of mathematical analysis of cardiac rhythm variability in skilled football player

V. M. Ilyin, M. M. Filippov, K. O. Apyhtin

National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** *Aim.* To substantiate methodical approaches to the establishment of standard values of indices of mathematical analysis of cardiac rhythm variability in skilled athletes. *Methods.* The research involved 45 footballers aged 14–18 in the preparatory period prior to the competitions. Background and load rhythmocardiographic studies were performed using software and hardware complex, statistical characteristics of the dynamic series of cardiointervals and spectral powers of the spectrum of rhythmocardiographs were calculated. *Results.* The averaged values of the indices of mathematical and spectral analysis of rhythmocardiograms, which not only characterize the wave structure of the cardiac rhythm, but also reflect the degree and nature of the effects on the cardiac rhythm of various parts of the regulatory system of vegetative homeostasis support, have been obtained. The conducted factor analysis allowed to highlight the most significant indices of the mathematical analysis of the cardiac rhythm variability, which are indicative for determining their standard values. *Conclusions.* The methodical approaches and the mathematical apparatus were tested for the establishment of standard values of statistical and spectral parameters of cardiac rhythm variability for athletes of various sports events.

**Keywords:** cardiac rhythm variability, mathematical analysis, standard values.

**Актуальність теми.** Контроль функціонального стану організму спортсменів під час тренувальної і змагальної діяльності на основі оцінки варіабельності серцевого ритму є дуже важливим для профілактики станів перенапруження та перетому і розвитку синдрому хронічної втоми. Робіт, пов'язаних з аналізом варіабельності серцевого ритму, досить багато [3, 5, 6]. Часто в них використовують методи варіаційного, спектрального і структурно-лінгвістичного аналізу, які дозволяють здійснити комплексну оцінку функціонального стану організму спортсмена [1, 7, 8]. Але у процесі такого аналізу виникає необхідність визначати нормативні значення цих комплексних показників варіабельності серцевого ритму для порівняльного аналізу результатів дослідження спортсменів різних видів спорту. У той же час у доступній літературі відсутні дані про дослідження такого роду, в яких було б надано методичні підходи, необхідні для розрахунку нормативних значень цих показників. Аналіз літературних даних, узагальнення практичного досвіду свідчить про актуальність таких досліджень, що має важливе значення для практики спорту.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Роботу виконано у рамках НДР НУФВСУ за темою 2.10 «Розробка ритмокардіографічного комплексу з використанням структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму» (номер держреєстрації 0116U001610).

**Мета дослідження** — обґрунтувати методичні підходи до встановлення нормативних значень показників математичного аналізу варіабельності серцевого ритму у кваліфікованих спортсменів.

Відповідно до мети роботи було визначено такі завдання: здійснити варіаційний, автокореляційний і спектральний аналіз варіабельності серцевого ритму у футболістів; виконати факторний аналіз для встановлення найбільш інформативних і значущих математико-статистичних та спектральних показників варіабельності серцевого ритму у футболістів; апробувати методичні підходи до встановлення нормативних значень показників математичного аналізу варіабельності серцевого ритму для кваліфікованих футболістів.

**Методи дослідження.** Фонові і навантажувальні ритмокардіографічні дослідження було проведено за допомогою програмно-апаратного комплексу «Ритм-1» [4].

Відповідно до «Міжнародного стандарту» [10] в дослідженнях тривалість запису ритмокардіограм становила 5 хв (300 с). Їхню реєстрацію здійснювали в положенні обстежуваного лежачи на спині при спокійному диханні після 5–10 хв відпочинку без попередніх виражених емоційних і фізичних навантажень.

Було розраховано статистичні характеристики динамічного ряду кардіоінтервалів: кількість кардіоінтервалів (N); математичне очікування динамічного ряду (RRNN); стандартне відхилення нормальних величин RR-інтервалів (SDNN); квадратний корінь із середнього квадратів різниць величин послідовних пар RR-інтервалів (RMSSD); коефіцієнт варіації (CV); частку послідовних RR-інтервалів, відмінність між якими перевищує 50 мс (pNN50, %); моду (Mo, мс); амплітуду моди (AMo, %). Також розраховували індекс напруженості регуляторних процесів (IH, ум. од.), індекс вегетативної регуляції (IBP, ум. од.), вегета-

тивний показник ритму (ВПР, ум. од.), показник адекватності процесів регуляції (ПАПР, ум. од.).

Визначали потужності спектра (у  $\text{мс}^2 \cdot \text{Гц}^{-1}$ ) у таких діапазонах: надповільних (VLF) – від 0,003 Гц до 0,04 Гц; повільних (LF) – від 0,04 до 0,15 Гц; високочастотних (дихальних) хвиль (HF) – від 0,15 до 0,40 Гц.

У наших дослідженнях активну ортостатичну пробу (АОП) було застосовано для аналізу варіабельності серцевого ритму в якості функціонального навантаження.

Для аналізу й оцінки отриманих даних використовували методи параметричної статистики [2]. Оцінку розподілу даних на нормальність проводили за допомогою критерію  $\chi^2$ . При нормальному розподілі достовірність кількісних відмінностей визначали за допомогою непарного і парного t-критерію Ст'юдента.

Дослідження проводили на базі лабораторії кафедри медико-біологічних дисциплін НУФВСУ за участі 45 юних футболістів 14–18 років (I спортивний розряд, КМС) у підготовчий період перед змаганнями.

#### Результати досліджень та їх обговорення.

У таблиці 1 наведено усереднені математико-статистичні показники 142 ритмокардіограм, зареєстрованих у стані відносного спокою та під час функціонального навантаження (АОП) усіх обстежених спортсменів.

Для розуміння логіки проведення подальшого аналізу змін отриманих показників вважаємо за необхідне надати їхню характеристику.

Математичне очікування (RRNN) і мода (Mo) динамічного ряду кардіоінтервалів відображають активність гуморального каналу регуляції ритму серця. Середнє квадратичне відхилення значень динамічного ряду кардіоінтервалів (SDNN) характеризує сумарний ефект впливу на синусовий вузол симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Збільшення або зменшення цього показника свідчить про зміщення вегетативного гомеостазу в бік переважання активності одного з відділів вегетативної нервової системи [4, 5].

Коефіцієнт варіації (CV) являє собою нормоване за частотою пульсу середнє квадратичне відхилення і, за даними ряду авторів [5, 9], використовується як критерій активності парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Частка послідовних RR-інтервалів, відмінність між якими перевищує 50 мс (pNN50, %) визначається також переважанням впливу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи і є відображенням синусової аритмії, пов'язаної з диханням. Варіаційний розмах ( $\Delta R-R$ ) також за-

ТАБЛИЦЯ 1 – Математико-статистичні і вторинні показники варіаційної пульсометрії 142 ритмокардіограм 45 спортсменів

Показник	Середнє значення	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення
RRNN, с	0,92	0,25	0,34	1,19
Mo, с	0,89	0,25	0,30	1,15
AMo, %	48	19	11	100
$\Delta R-R$ , с	0,40	0,15	0,02	1,00
SDNN, с	0,052	0,027	0,004	0,224
CV, %	7,18	3,23	0,95	30,68
pNN50, %	31	8,6	24	46
ІВР, ум. од.	139	88	13	198
ПАПР, ум. од.	58	38	12	94
ВПР, ум. од.	2,5	2,3	1,2	10,1
ІН, ум. од.	76	30	7	234

ТАБЛИЦЯ 2 – Статистичні характеристики розподілу показників спектрального аналізу 142 ритмокардіограм у футболістів

Показник	Середнє значення	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення
VLF, $\text{мс}^2 \cdot \text{Гц}^{-1}$	2196	120,6	1457	3021
LF, $\text{мс}^2 \cdot \text{Гц}^{-1}$	1792	244,9	1035	2898
HF, $\text{мс}^2 \cdot \text{Гц}^{-1}$	923	149,9	234	1898
LF/HF, ум. од.	1,65	0,358	0,79	2,57
ІАП, ум. од.	2,19	0,562	0,28	9,04
ІЦ, ум. од.	4,09	2,831	0,98	11,83

лежить від активності вагусної регуляції ритму серця. У той же час амплітуда моди (максимальна відносна частота гістограми в процентах, AMo) визначається активністю симпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Показники ІВР, ПАПР, ВПР і ІН відображають стан вегетативного гомеостазу та ступінь централізації регуляції серцевого ритму. Так ІВР вказує на співвідношення між активністю симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. ПАПР характеризує відповідність між активністю симпатичного відділу вегетативної нервової системи й активністю синусового вузла. Останній показник залежно від частоти пульсу, є ознакою надлишкової або недостатньої централізації регулювання ритму серця. У свою чергу ВПР дозволяє оцінювати вегетативний баланс: чим менша величина ВПР, тим більшою мірою вегетативний баланс зміщений у бік переважання парасимпатичних впливів. Показник ІН характеризує ступінь централізації управління серцевим ритмом [4, 5].

У таблиці 2 наведено усереднені значення показників спектрального аналізу ритмокардіограм, зареєстрованих у стані відносного спокою у 45 спортсменів.

Наведені в таблиці 2 показники не тільки характеризують хвильову структуру серцевого ритму, а й відображають ступінь і характер впливів на ритм серця різних ланок регуляторної системи підтримки вегетативного гомеостазу в організмі.

Надповільні і повільні (недихальні) компоненти (VLF і LF) пов'язані з регулюванням в організмі теплопродукції і метаболізму [5]. Ця регуляція здійснюється переважно через симпатичний відділ вегетативної нервової системи і ренін-ангіотензинову систему [6].

Середньочастотні (дихальні) (HF) складові спектра визначаються активністю парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи [5, 6], а також активністю кіркових і підкіркових структур [6].

Загальна потужність спектра варіабельності серцевого ритму (TP) у спортсменів у стані спокою перебуває у межах значень, що відповідають нормі.

Співвідношення LF/HF у стані спокою у даних спортсменів перевищує одиницю, що є ознакою переважання у вегетативному балансі активності парасимпатичного відділу (ваготонія спокою).

Індекс централізації (ІЦ) характеризує співвідношення активності центральних і автономних механізмів регуляції ритму серця у спортсменів. Індекс активації підкіркових структур (ІАП) відображає активність підкіркових структур по відношенню до більш високих рівнів регуляції серцевого ритму [5, 6].

Хоча наведені показники характеризують певні особливості регуляції серцевого ритму, вони не дають змоги визначити рівні їх значущості. Для цього нами було застосовано метод факторного аналізу.

Факторному аналізу піддавався масив, який містить середні значення первинних статистичних показників (RRNN, Мо, АМо, ΔR-R, SDNN, CV) і вторинних математичних показників (ІВР, ПАПР, ВПР і ІН).

Проведений факторний аналіз дозволив виділити при рівні значущості > 0,7 три фактори (табл. 3). У фактор 1 – фактор вагусних впливів на ритм серця – увійшли показники ΔR-R, SDNN і CV, що відображають активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. Фактор 2, або фактор централізації регуляції ритму серця, об'єднує показники ІВР, ВПР і ІН, які відображають співвідношення між активністю симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи і ступінь централізації регуляції ритму серця. У факторі 3 найбільше значення мають показники RRNN, Мо і ПАПР, і його за своїм фізіологічним змістом можна назвати фактором рівня функціонування синусового вузла.

ТАБЛИЦЯ 3 – Результати факторного аналізу математико-статистичних показників 142 ритмокардіограм у футболістів

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
RRNN, с	0,08853	-0,34673	<b>-0,87616*</b>
Мо, с	0,10667	-0,32353	<b>-0,87372*</b>
АМо, %	-0,56202	0,43025	-0,54987
ΔR-R, с	<b>0,78909*</b>	-0,48592	-0,17584
SDNN, с	<b>0,87023*</b>	-0,15129	-0,40932
CV, %	<b>0,96647*</b>	-0,01775	-0,04805
ІВР, ум. од.	-0,33011	<b>0,84594*</b>	0,30133
ПАПР, ум. од.	-0,36338	0,50127	<b>0,70339*</b>
ВПР, ум. од.	-0,21584	<b>0,83979*</b>	0,31660
ІН, ум. од.	-0,22232	<b>0,86930*</b>	0,37136
Рівень детермінації, %	58,1	17,6	11,1

\* – p > 0,7.

ТАБЛИЦЯ 4 – Результати факторного аналізу первинних і вторинних показників хвильової структури 142 інтервалокардіограм у футболістів

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
VLF, мс <sup>2</sup> ·Гц <sup>-1</sup>	0,09994	-0,05877	<b>0,83262*</b>
LF, мс <sup>2</sup> ·Гц <sup>-1</sup>	<b>0,80883*</b>	0,03494	-0,18432
HF, мс <sup>2</sup> ·Гц <sup>-1</sup>	0,21585	<b>-0,72044</b>	-0,05065
ІЦ – (VLF+LF)/HF, ум. од.	0,61294	0,64518	0,14398
ІАП – VLF/HF, ум. од.	0,01326	0,12248*	<b>0,90355</b>
Рівень детермінації, %	40,9	29,2	4,3

\* – p > 0,7.

Три фактори визначали 86,8 % змін серцевого ритму у футболістів. При цьому внесок фактора вагусних впливів у загальну дисперсію кардіоінтервалів становив 58,1 %, внесок фактора централізації механізмів регуляції серцевим ритмом – 17,6 %, внесок фактора рівня функціонування синусового вузла – 11,1 %.

Підсумовуючи результати проведеного факторного аналізу, можна прийти до висновку, що найбільш значущими для оцінки вегетативної регуляції серцево-судинної системи і функціонального стану футболістів є такі показники варіаційної пульсометрії: RRNN, Мо, ΔR-R, SDNN, CV, ІВР, ПВР та ІН.

Факторному аналізу також піддавався масив первинних показників кореляційного аналізу та спектрального аналізу (VLF, LF, HF) і вторинних розрахункових показників (ІАП, ІЦ) 142 інтервалокардіограм.

Проведений таким чином факторний аналіз дозволив виділити при рівні значущості > 0,7 чотири фактори, що визначали 74,4 % змін у хвильовій структурі ритму серця у футболістів (табл. 4).

У фактор 1 – фактор повільних хвиль – увійшов показник LF, який визначив 40,9 % змін у хвильовій структурі серцевого ритму. Фактор 2

ТАБЛИЦЯ 5 – Усереднені значення найбільш значущих показників математичного аналізу варіабельності серцевого ритму у футболістів, які можуть слугувати основою для розрахунку нормативних величин

Величина	Стандартні значення (M ± m)
<i>Математико-статистичні показники</i>	
RRNN, с	0,92 ± 0,34
Mo, с	0,89 ± 0,30
ΔR-R, с	0,40 ± 0,15
SDNN, с	0,052 ± 0,027
CV, %	7,18 ± 3,23
ІВР, ум. од.	139 ± 88
ВПР, ум. од.	2,5 ± 2,3
ІН, ум. од.	76 ± 30
<i>Спектральний аналіз 5-хвилинного запису</i>	
VLF, мс <sup>2</sup> ·Гц <sup>-1</sup>	2196 ± 120,6
LF, мс <sup>2</sup> ·Гц <sup>-1</sup>	1792 ± 244,9
HF, мс <sup>2</sup> ·Гц <sup>-1</sup>	923 ± 149,9
ІАП, ум. од.	2,08 ± 3,34

високочастотних хвиль, який містить показник HF, включив опис 29,2 % змін у хвильовій структурі серцевого ритму у футболістів. Фактор централізації механізмів регуляції серцевого ритму (фактор 3) описує лише 4,3 % змін у хвильовій структурі інтервалокардіограм. У нього входять показники VLF і ІАП з рівнем значущості > 0,7.

Підсумовуючи результати проведеного факторного аналізу, можна прийти до висновку, що найбільш інформативними є значення функції спектральної щільності повільних (LF), високочастотних (HF) і надповільних (VLF) компонентів варіабельності серцевого ритму, а також індекс активації підкіркових структур (ІАП).

У таблиці 5 наведено отримані в результаті наших досліджень усереднені значення найбільш значущих показників варіабельності серцевого ритму для обстеженої популяції футболістів-юнаків, які можуть слугувати основою для розрахунку нормативних величин.

Ці величини слід розглядати як орієнтовні для визначення нормативних значень показників математичного аналізу варіабельності серцевого ритму. Поділ за статтю, віком та іншими факторами, що також є необхідним, у таблиці не наводиться через недостатність отриманих даних.

**Висновки.** Аналіз літературних даних і ресурсів мережі Інтернет, узагальнення практичного досвіду свідчить про актуальність визначення нормативних значень показників математичного аналізу варіабельності серцевого ритму спортсменів різних видів спорту. У той же час у науковій літературі відсутні дані про дослідження варіабельності серцевого ритму у великих популяціях спортсменів різних видів спорту, в яких було б проведено поділ за статтю, віком та іншими факторами, необхідний для розрахунку нормативних значень показників.

За допомогою статистичного аналізу визначено основні показники, що описують розподіл кардіоінтервалів у ритмокардіограмах футболістів і відображають ступінь активності різних ланок регуляторної системи, яка спрямована на підтримку вегетативного гомеостазу в організмі.

Виділено три фактори, що характеризують розподіл кардіоінтервалів у ритмокардіограмах футболістів: фактор рівня функціонування синусового вузла; фактор вагусних впливів на ритм серця і фактор централізації механізмів регуляції серцевого ритму. Проведено факторний аналіз варіабельності серцевого ритму за показниками RRNN, Mo, ΔR-R, SDNN, CV, ІВР, ПВР та ІН.

Під час опису хвильової структури послідовності кардіоінтервалів за показниками спектрального аналізу інтервалокардіограм виділено також три фактори: фактор низькочастотних, або повільних, хвиль, фактор високочастотних, або швидких, хвиль, фактор централізації механізмів регуляції серцевого ритму. Найбільш інформативними і значущими для діапазонів надповільних, повільних і високочастотних (дихальних) хвиль є відповідно показники (VLF), (LF) (HF), а також індекс активації підкіркових структур (ІАП).

Отримано усереднені значення найбільш інформативних і значущих показників варіабельності серцевого ритму для досліджуваної нами популяції футболістів-юнаків. Ці значення слід розглядати як орієнтовні для розрахунку стандартів.

У процесі досліджень випробувано методичні підходи та математичний апарат для встановлення нормативних значень статистичних і спектральних показників варіабельності серцевого ритму для спортсменів різних видів спорту.

Література

1. Алвани А. Структурно-лингвистический подход к оценке функциональных состояний организма у спортсменов высокой квалификации с признаками хронического утомления / А. Алвани // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2015. – № 8. – С. 3–8. Режим доступу : <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2015.0801>
2. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.
3. Виноградов В. Е. Влияние внутренировочных средств на психофизиологический статус высококвалифицированных спортсменов с хроническим утомлением / В. Е. Виноградов, А. Ю. Дьяченко, В. Н. Ильин, И. В. Довгодко // Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність: Мат. VI Всеукр. науково-практ. конференції. Черкаси, 20-22 вересня 2017 року. – 2017. – С. 22.
4. Ильин В. Н. Программно-аппаратный комплекс по ритмокардиографической оценке функционального состояния организма человека / В. Н. Ильин, Ю. А. Попадюха, Ю. В. Кравченко // Электроника и связь. – 2001. – Т. 12. – С. 69–71.
5. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново : Иван. Гос. Академия, 2002 – 290 с.
6. Ритмокардиографические методы оценки функционального состояния организма человека / [В. Н. Ильин, Л. М. Батырбекова, М. Х. Курданова, Х. А. Курданов]. – М. : Илекса; Ставрополь : Сервисшкола, 2003. – 80 с.
7. Черкес Л. І. Структурно-лінгвістичний підхід до оцінки довготривалої адаптації спортсменів високої кваліфікації до умов середньогогір'я / Л. І. Черкес, В. М. Ільїн, В. І. Портніченко, М. М. Михайлович, І. О. Яхниця, С. Б. Коваль // Мед. інформатика та інженерія. – 2011. – № 4. – С. 18–21.
8. Kaplan D. T. The analysis of variability of the heart rate / D. T. Kaplan // J. cardiovasc. electro-physiol. – 1994. – Vol. 5. – P. 16–19.
9. Montano N. Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt / N. Montano, A. Gnecci, T. Ruscone et al. // Circulation. – 2004. – Vol. 100. – P. 1826–1831.
10. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. – 1996. – 93. – P. 1043–1065.

References

1. Alvani, A. (2015). Strukturno-lingvisticheskiy podhod k otsenke funktsionalnykh sostoyaniy organizma u sportsmenov vysokey kvalifikatsii s priznakami hronicheskogo utomleniya [Structural-linguistic approach to the evaluation of functional states of the body in high-qualified athletes with signs of chronic fatigue]. *Pedahohika, psykholohiya ta medyko-biolohichniy problemy fizychnoho vykhovannya i sportu – Pedagogy, psychology and medical-biological problems of physical education and sports*, 8, 3-8. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2015.0801> [in Russian].
2. Antomonov, M.Yu. (2006). *Matematicheskaya obrabotka i analiz mediko-biologicheskikh daniy* [Mathematical processing and analysis of medical and biological data]. Kyev [in Russian].
3. Vinogradov, V.E., Dyachenko, A.Yu., Ilin, V.N., Dovgodko, I.V. (2017). Vliyaniye vnetrenirovochnykh sredstv na psihofiziologicheskiiy status vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov s hronicheskim utomleniem [Influence of extra-training funds on the psychophysiological status of highly skilled athletes with chronic fatigue]. Proceedings from Individual psychophysiological features of a person and professional activity : VI Vseukrayins'ka naukovopraktychna konferentsiya (20-22 veresnya 2017 roku) – VI All-Ukrainian scientific-practical conference (p. 22). Cherkasy [in Russian].
4. Ilin, V.N., Popadyuha, Yu.A., Kravchenko, Yu.V. (2001). Programmnoparatnyiyy kompleks po ritmokardiograficheskoy otsenke funktsionalnogo sostoyaniya organizma cheloveka [Software and hardware complex on the rhythmocardiographic evaluation of the functional state of the human body]. *Elektronika i svyaz' – Electronics and communication*, Vol. 12, 69-71 [in Russian].
5. Mihaylov, V.M. (2002). *Variabelnost ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya metoda* [Variability of heart rhythm: experience of practical application of the method]. Ivanovo: Ivanovskaya gosudarstvennaya akademiya [in Russian].
6. Ilin, V.N., Batiyrbekova, L.M., Kurdanova, M.H., Kurdanov, H.A. (2003). *Ritmokardiograficheskie metody otsenki funktsionalnogo sostoyaniya organizma cheloveka* [Rhythmocardiographic methods for assessing the functional state of the human body]. Moscow: Ilekxa; Stavropol: Servisskola [in Russian].
7. Cherkes, L.I., Ilyin, V.M., Portnichenko, V.I., Mihaylovich, M.M., Yahnitsya, I.O., Koval, S.B. (2011). Strukturno-lingvistichnyy pidkhid do otsinky dovhotryvaloyi adaptatsiyi sportsmeniv vysokoyi kvalifikatsiyi do umov sereidn'ogor'ya [Structural-linguistic approach to the assessment of the long-term adaptation of high-skilled athletes to the conditions of the middle mountains]. *Medychna informatyka ta inzheneriya – Medical informatics and engineering*, 4, 18-21 [in Ukrainian].
8. Kaplan, D.T. (1994). The analysis of variability of the heart rate. *J. cardiovasc. electro-physiol.*, Vol. 5, 16-19.
9. Montano, N., Gnecci, A., Ruscone, T. et al. (2004). Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. *Circulation*, Vol. 100, 1826-1831.
10. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 93, 1043-1065.