

УДК 796. 92. 093. 642; 612. 176. 4

ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СПОРТСМЕНІВ-БІАТЛОНІСТІВ

Любомир **ВОВКАНИЧ**, Богдан **ВИНОГРАДСЬКИЙ**, Андрій **ВЛАСОВ**,
Віктор **БЕРЕЖАНСЬКИЙ**, Юлія **ПАВЛОВА**, Юлія **БЕГАН**

Львівський державний університет фізичної культури

Анотація. Виконані дослідження варіабельності серцевого ритму спортсменів-біатлоністів високої кваліфікації дозволяють оцінити адаптаційні резерви та рівень напруженості діяльності серцево-судинної системи спортсменів. Під час обстеження виявлені індивідуальні відмінності у показниках варіабельності серцевого ритму спортсменів, які вказують на необхідність індивідуалізації тренувального процесу. Параметри варіабельності серцевого ритму можуть бути використані як високоінформативний критерій функціональної підготовленості біатлоністів.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, функціональна підготовленість, біатлон.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Актуальною проблемою сучасного спорту виступає необхідність комплексного оцінювання функціонального стану спортсменів з метою прогнозування спортивних результатів та корекції програми підготовки для уникнення явищ перетренованості та погіршення адаптаційних можливостей організму [8]. Особливої ваги оцінювання функціонального стану набуває у тренувальному процесі біатлоністів, адже успіх у цьому виді спорту можливий за умови оптимального поєднання максимальної швидкості бігу й високої точності та швидкості стрільби [5, 12]. Таким чином, у біатлоні провідними критеріями оцінювання функціонального стану спортсменів виступають показники серцево-судинної та нервової систем [5, 9, 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За відомостями деяких авторів [1, 2, 7, 8, 10, 11], спрогнозувати та оцінити функціональний стан серцево-судинної системи спортсменів, розпізнати механізми порушення у її діяльності, виконати спортивний відбір, а також раціонально побудувати режими тренувань і провести контроль за функціональним станом спортсменів можна на основі аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР). Окрім того, існує низка досліджень, що вказують на зв'язок показників варіабельності серцевого ритму з психофізіологічним станом людини [3]. Таким чином, показники варіабельності серцевого ритму можуть бути використані не лише як індикатор стану серцево-судинної системи, а також як критерій функціонального стану нервової системи. Така універсальність поряд із наявністю ефективних методів дослідження робить показники варіабельності серцевого ритму перспективними для оцінювання функціональної готовності спортсменів. У доступній літературі наявні відомості про ВСР борців [6], боксерів [1], спортсменів-легкоатлетів [4]. Наявність окремих робіт [9], присвячених дослідженню ВСР спортсменів-біатлоністів, свідчить про *актуальність* цієї проблеми.

Метою нашої роботи було дослідження перспективності використання показників ВСР для діагностики функціонального стану висококваліфікованих біатлоністів. Для досягнення мети були поставлені *завдання*: охарактеризувати основні показники ВСР спортсменів-біатлоністів та оцінити їх для виявлення явищ підвищення напруженості діяльності серцево-судинної системи та погіршення адаптаційних можливостей спортсменів.

Результати дослідження та їх обговорення. У дослідженні взяли участь 13 спортсменів-біатлоністів. Вік учасників дослідження становив 17–20 рік, кваліфікація – КМС та МС, стаж занять біатлоном – понад 5 років. Для характеристики стану серцево-судинної системи (ССС) та напруженості регуляторних механізмів її діяльності виконували аналіз

варіабельності серцевого ритму за методикою Р. М. Баєвського, а також із використанням методу спектрального аналізу [2]. Запис та аналіз серцевого ритму був виконаний за допомогою приладу Cardiolab CE12. Тривалість запису становила 5 хв. Реєстрація показників виконана у стані відносного спокою, у положенні лежачи.

Для характеристики функціонального стану спортсменів використовували такі основні показники: Мо (мода, мс) – характеризує нейрогуморальну ланку регуляції серцевого ритму (СР) або рівень функціонування організму як системи; АМо (амплітуда моди, %) – відображає ефект симпатичної регуляції на СР; SDNN (стандартне відхилення кардіоінтервалів, мс) – залежить від парасимпатичних впливів; SI (індекс напруження, у. о.) – вказує на напруженість механізмів регуляції; IVR (індекс вегетативної рівноваги, у. о.) – відображає баланс симпатичних та парасимпатичних впливів; HF (високочастотні хвилі (0,15-0,4 Гц), мс² та %) – маркер активності парасимпатичної системи; LF (низькочастотні хвилі (0,07-0,15 Гц), мс² та %) – маркер активності вазомоторного центру та симпатичної активності; VLF (наднизькочастотні хвилі (0,04 – 0,003 Гц), мс²) – вказують на активність симпатичних впливів та надсегментарних центрів регуляції (пов'язані з психоемоційним станом і функціональним станом кори головного мозку); TP (загальна потужність спектру, мс²) – відображає сумарну активність вегетативного впливу на серцевий ритм, зростає із збільшенням парасимпатичних впливів; співвідношення LF/HF (у. о.) – відображає баланс симпатичних та парасимпатичних впливів на СР. Аналіз цих показників ВСР дозволяє виявити спортсменів, що знаходяться у стані задовільної адаптації до фізичних навантажень, стані підвищеної напруженості механізмів Адаптації та у стані перетренованості.

Аналіз основних показників ВСР біатлоністів виявив, що у стані відносного спокою спортсмени характеризуються наявністю індивідуальних особливостей тонуру різних відділів автономної нервової системи (рис. 1). Зокрема, значення стандартного відхилення кардіоінтервалів (SDNN) коливалося у межах 25–175 мс, амплітуда моди (АМо) змінювалася від 16 до 69 %, індекс вегетативної рівноваги (IVR) знаходився у межах 23-463 одиниць. Для більшості спортсменів характерним є переважання парасимпатичного тонуру, на що вказують високі значення SDNN та невеликі величини АМо і IVR. Зокрема, у спортсменів № 1–2, 4–5 та 7–12 АМо знаходилася у межах 16–25 %, SDNN – 85–175 мс, IVR не перевищував 55 одиниць. Такі характеристики серцевого ритму вказують на оптимальний функціональний стан серцево-судинної системи.

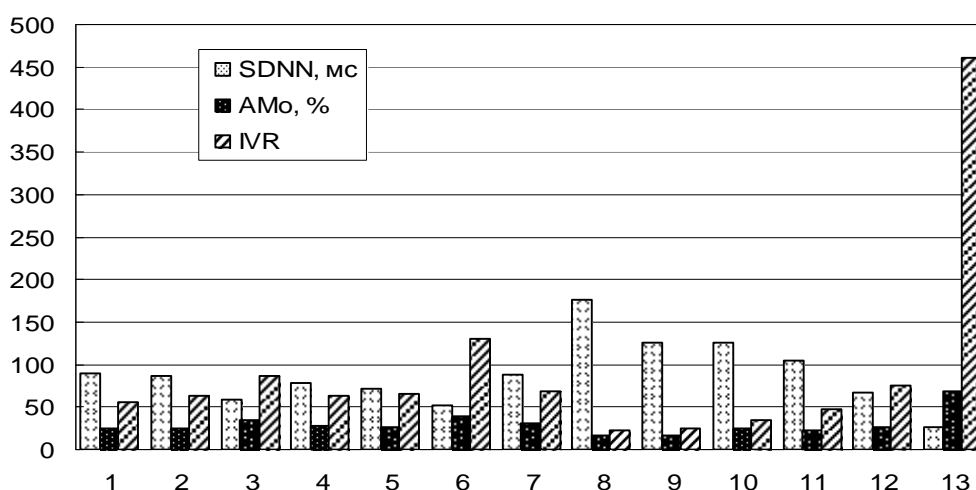


Рис. 1. Характеристика відносного рівня активності симпатичних та парасимпатичних ланок регуляції спортсменів-біатлоністів у спокої за даними ВСР.

Цифрами 1–13 позначений порядковий номер спортсменів у вибірці.

У групі кваліфікованих біатлоністів виявилися також спортсмени з дещо вираженішим рівнем симпатичних впливів у спокої. Зокрема, стан вегетативної рівноваги виявлено у спортсменів № 3 та 6, у яких АМо становила 34–39 %, SDNN – 51–58 мс, IVR досягав 86–130 одиниць (див. рис. 1). Переважання у спокої симпатичних впливів виявлено у спортсмена № 13. При цьому АМо становила 69 %, SDNN – 25 мс, IVR досягав 461 одиниці. Такі зміни можуть вказувати на розвиток стану перетренованості з високим рівнем напруженості регуляторних систем.

Підтвердженням високого рівня напруженості регуляторних систем у цих спортсменів є високі значення індексу напруження (SI) та показника адекватності процесів регуляції (PAPR). У спортсменів № 6 та 13 величина SI становила 65 та 307 одиниць (рис. 2). На відміну від них, у спортсменів № 1–2 та 8–12 індекс напруження знаходився у межах 9–30 одиниць.

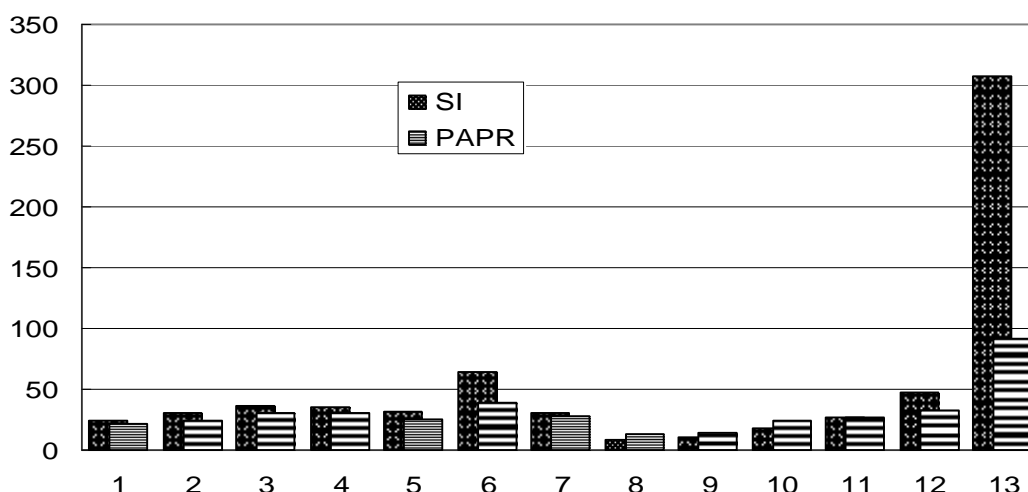


Рис. 2. Рівень індексу напруженості (SI) та показника адекватності процесів регуляції (PAPR) у спортсменів-біатлоністів. Цифрами 1–13 позначений порядковий номер спортсменів у вибірці

Оцінити взаємодію різних рівнів управління СР дозволяють методи спектрального аналізу. Низькочастотна складова спектру коливань відображає активацію вищих рівнів системи управління СР та підвищення мобілізації функціональних резервів. Показники спектрального аналізу ВСР (табл. 1) в основному підтверджують виявлені відмінності у функціональному стані біатлоністів. Відомо, що високочастотні хвилі є маркером активності парасимпатичної системи, низькочастотні – маркером активності вазомоторного центру та симпатичної активності, загальна потужність спектру зростає із збільшенням парасимпатичних впливів, співвідношення LF/HF відображає баланс симпатичних та парасимпатичних впливів на СР.

Спектральний аналіз ВСР біатлоністів дозволив встановити, що загальна потужність спектру (TP) у групі коливається від 625,9 до 29748,2 мс², LFnorm – від 20,7 до 71,3 %, HFnorm – від 28,7 до 79,3 % (табл. 1). Співвідношення LF/HF (низько/високочастотних коливань) у 7 спортсменів було нижчим за одиницю, ще у двох – дорівнювало 1, і лише у чотирьох перевищувало одиницю. Це вказує на загалом оптимальний баланс симпатичних та парасимпатичних впливів у стані спокою.

Отримані показники спектрального аналізу дозволили підтвердити високу активність симпатичних механізмів регуляції СР у спортсмена № 13. У нього виявлена порівняно низька потужність спектру високочастотного компоненту (HF та HFnorm) серцевого ритму та високі значення співвідношення LF/HF (2,5), найнижчі значення загальної по-

тужності спектру ВСР (TP). Значна частина потужності спектру ВСР у цього біатлоніста припадає на діапазон VLF коливань. Це вказує також на найвищу у групі централізацію та напруженість регуляторних механізмів.

Високий вклад коливань високої частоти у загальну потужність спектру ВСР виявлений у спортсменів № 2, 3, 5, 6, 9, 11 (див. табл. 1). Для них також характерні низькі значення співвідношення LF/HF (окрім № 3). Показники спектрального аналізу вказують, що у спортсмена № 6 співвідношення LF/HF знаходилося на низькому рівні (0,5 одиниці). Це ставить під сумнів зроблений раніше висновок про низький рівень функціональної підготовленості.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика показників спектрального аналізу
варіабельності серцевого ритму біатлоністів**

| Учасник | TP, мс ² | VLF, мс ² | LF, мс ² | LFnorm, % | HF, мс ² | HFnorm, % | LF/HF |
|---------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|-------|
| 1 | 8064,1 | 5379,0 | 1532,5 | 60,3 | 1009,2 | 39,7 | 1,5 |
| 2 | 7011,2 | 595,4 | 1322,8 | 20,7 | 5059,4 | 79,3 | 0,3 |
| 3 | 3340,9 | 584,8 | 1363,5 | 49,8 | 1376,4 | 50,2 | 1,0 |
| 4 | 5751,8 | 3157,6 | 1022,2 | 44,2 | 1290,4 | 55,8 | 0,8 |
| 5 | 5006,3 | 708,5 | 1143,9 | 27,4 | 3036,4 | 72,6 | 0,4 |
| 6 | 2518,6 | 403,7 | 690,0 | 32,7 | 1420,4 | 67,3 | 0,5 |
| 7 | 7682,7 | 1691,5 | 2853,8 | 48,8 | 2998,6 | 51,2 | 1,0 |
| 8 | 29748,2 | 4010,1 | 14084,7 | 57,7 | 10324,1 | 42,3 | 1,4 |
| 9 | 15118,1 | 5469,1 | 2006,0 | 22,4 | 6955,4 | 77,6 | 0,3 |
| 10 | 15383,8 | 6025,0 | 4793,8 | 56,2 | 3736,2 | 43,8 | 1,3 |
| 11 | 9073,3 | 1484,5 | 2782,2 | 37,0 | 4734,0 | 63,0 | 0,6 |
| 12 | 4090,7 | 1323,7 | 1090,4 | 40,5 | 1605,0 | 59,5 | 0,7 |
| 13 | 625,9 | 194,4 | 298,0 | 71,3 | 120,2 | 28,7 | 2,5 |

Дещо відмінна картина характерна для біатлоністів № 1, 4, 10, 13. Для них типовою є висока частка коливань VLF та значно вищі значення співвідношення LF/HF. Один із найвищих рівнів LF/HF виявлений також у спортсмена № 8.

Таким чином, дані спектрального аналізу підтвердили порівняно високий рівень напруженості регуляторних систем у деяких спортсменів (№ 13) у спокої. Вони також вказують на дещо вищий рівень активації симпатичних та надсегментарних впливів у біатлоністів № 1, 4, 10, 13. Ця інформація доповнює висновки, зроблені на основі аналізу ВСР за методикою Р. М. Баєвського. Суперечливі дані стосовно спортсмена № 6 можуть пояснюватися необхідністю триваліших записів для точного виявлення вкладу низькочастотних коливань у загальний спектр ВСР, а також додаткового застосування методів фрактального та автокореляційного аналізу для формування остаточних висновків. Перспективним є також оцінювання змін показників ВСР у відповідь на орто- чи клиностатичну пробу.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Виконані дослідження ВСР спортсменів-біатлоністів високої кваліфікації дозволяють підтвердити оптимальний рівень діяльності серцево-судинної системи більшості обстежених у стані відносного спокою. Детальніший аналіз параметрів ВСР дозволив виявити спортсменів із посиленням тонування симпатичної ланки регуляції, підвищеною напруженістю функціонування регуляторних механізмів ССС, що може вказувати на нижчий рівень її функціональних резервів, напруження механізмів адаптації. Інші спортсмени, за даними спектрального аналізу ВСР, володіють підвищеним рівнем функціональних резервів ССС у спокої. Отже, параметри ВСР можуть бути використані як

високоінформативний критерій функціональної підготовленості біатлоністів. Отримані дані вказують також на доцільність використання додаткових методів аналізу ВСР та функціональних проб для остаточного визначення рівня функціональної підготовленості біатлоністів.

Список літератури

1. *Ахматгатин А. А.* Оценка функционального состояния высококвалифицированных боксеров по показателям сердечного ритма / Ахматгатин А. А. // Проблемы и перспективы развития спортивных игр и единоборств в высших учебных заведениях : электрон. науч. конф. – Х., 2005. – С. 12 – 14.
2. *Баевский Р. М.* Анализ variability сердечного ритма в клинической практике / Р. М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 70-82.
3. *Вариабельность ритма сердца: представление о механизмах / Котельников С. А. Ноздрачев А. Д., Одинок М. М.[и др.]* // Физиология человека. – 2002. Т. 28, № 1. – С. 130-143.
4. *Дацків П. П.* Структури серцевого ритму у легкоатлетів-бігунів при фізичних навантаженнях різної потужності / Дацків П. П., Яремко Є. О. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук пр. / за ред. С. С. Єрмакова – Х. 2003. – № 24. – С. 72-78.
5. *Дунаев К. С.* Технология целевой физической подготовки квалифицированных биатлонистов в годичном цикле тренировки: автореф. дис. ... д-ра. пед. наук: спец. 13.00.04 «Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры» / Дунаев К. С. ; Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры. – СПб., 2008. – 15 с.
6. *Комаровская Н. В.* Изменения параметров сердечного цикла у борцов высокой квалификации под влиянием различных физических нагрузок / Н. В. Комаровская // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : [сб. науч. тр. / под ред. С. С. Ермакова]. – Х., 2004. – № 1. – С. 7 – 17.
7. *Коробейников Г. В.* Variability ритма сердца как физиологический механизм адаптации к условиям напряженной мышечной деятельности / Коробейников Г. В. // Анализ variability ритма сердца в клинической практике : материалы I Междунар. науч. конф. – К., 2002. – С. 68-69.
8. *Маліков М. В.* Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Маліков М. В., Святьев А. В., Богдановська Н. В. – Запоріжжя : ЗДУ, 2006. – 227 с.
9. *Мальцева А. Б.* Использование кардиоинтервалографии у высококвалифицированных спортсменов на примере сборных команд России по легкой атлетике и биатлону / Мальцева А. Б., Давыдов П. В., Лобов А. Н. // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2009. – № 1. – С. 17-22.
10. *Михайлов В. М.* Variability ритма сердца как метод количественной оценки функционального состояния спортсменов / В. М. Михайлов, Н. В. Харламова, М. Э. Беликова // Медицина и спорт. – 2005. – № 1. – С. 19-21.
11. *Ритм сердца у спортсменов / под ред. Р. М. Баевского, Р. Е. Мотылянской.* – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 143 с.
12. *Cholewa J.* Analysis of structure of the biathlon runs / Cholewa J., Gerasimuk D., Szepelway M., Zajac A. // Acta Univ. Palacki. Olomuc, Gymn. – 2005, Vol. 35, N 1. – P. 35-42.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ-БИАТЛОНИСТОВ

**Любомир ВОВКАНЫЧ, Богдан ВИНОГРАДСКИЙ, Андрей ВЛАСОВ,
Виктор БЕРЕЖАНСКИЙ, Юлия ПАВЛОВА, Юлия БЕГАН**

Львовский государственный университет физической культуры

Аннотация. Проведенные исследования вариабельности сердечного ритма спортсменов-биатлонистов высокой квалификации позволяют осуществить оценивание адаптационных резервов и уровня напряженности деятельности сердечно-сосудистой системы спортсменов. Во время исследований выявлены индивидуальные отличия показателей вариабельности сердечного ритма спортсменов, которые указывают на необходимость индивидуализации тренировочного процесса. Параметры вариабельности сердечного ритма могут быть использованы в качестве высокоинформативного критерия функциональной подготовленности биатлонистов.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, функциональная подготовленность, биатлон.

THE USE OF PARAMETERS OF HEART RATE VARIABILITY INDEX FOR THE CHARACTERISTIC OF FUNCTIONAL EFFICIENCY OF BIATHLONISTS

**Lyubomyr VOVKANYCH, Bogdan VYNOHRADSKYI, Andriy VLASOV,
Viktor BEREJANSKY, Julia PAVLOVA, Julia BEGAN**

Lviv State University of Physical Culture

Annotation. The research of heart rate variability of qualified sportsmen-biathlonists allows us to estimate adaptation reserves and the level of the sportsmen cardiovascular system activity. During researches individual differences in the parameters of heart rate variability of sportsmen have been revealed. Which testify to the necessity of an individualization of training process. Parameters of heart rate variability can be used as the informative criterion of functional efficiency of biathlonists.

Key words: variability of heart rate, functional readiness, biathlon