

DOI 10.31392/NPU-nc.series15.2022.12(158).33
УДК 796.011.3:378.4.

Шевець В. П.
аспірант, викладач кафедри фізичної терапії, ерготерапії та спортивної медицини
Сумського державного університету

ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ У СПОРТСМЕНІВ З СИМПТОМАМИ НЕФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

У статті розглядається вплив на індекси варіабельності серцевого ритму (BCP) у спортсменів залежно від тренувального стану, різних типів фізичних навантажень, статі та віку, представлених як у поперечних, так і в поздовжніх дослідженнях. Також включено передбачуваність BCP при надмірному тренуванні, спортивному стані та спортивних результатах. Варіабельність серцевого ритму (BCP) давно використовується як діагностичний маркер перенапруження та перетренованості. Велика кількість доказів показує, що у спортсменів будь-якого віку регулярні аеробні тренування зазвичай призводять до значного покращення загальної та миттєвої BCP. Ці зміни, які супроводжуються значним зниженням частоти серцевих скорочень як у спокої, так і під час субмаксимального навантаження, відображають збільшення вегетативної еферентної активності та зсув на користь посиленої вагусної модуляції серцевого ритму. Наразі наявні дані не дозволяють зробити остаточні висновки щодо корисності традиційних індексів BCP для оцінки виконання фізичних вправ і моніторингу тренувального навантаження. Розбіжності результатів, опубліковані на даний момент, спричинені кількома факторами, включаючи недостатній розмір і дизайн дослідження, а також різні методи BCP. Також залишається з'ясувати, чи будуть традиційні індекси BCP корисними для діагностики перенапруження та перетренованості.

Ключові слова: перетренованість, варіабельність серцевого ритму, вегетативна дисфункція, ортостатична проба, спортсмени.

Shevets V. Heart rate variability in athletes with symptoms of non-functional overload. The article examines the effect on heart rate variability (HRV) indices in athletes depending on training status, different types of physical exertion, gender and age, presented in both cross-sectional and longitudinal studies. Also included is the predictability of HRV during overtraining, athletic condition, and athletic performance. Heart rate variability (HRV) has long been used as a diagnostic marker of overexertion and overtraining. A large body of evidence shows that in athletes of all ages, regular aerobic training usually results in significant improvements in total and instantaneous HRV. These changes, which are accompanied by a significant decrease in heart rate both at rest and during submaximal exercise, reflect an increase in autonomic efferent activity and a shift in favor of enhanced vagal modulation of heart rate. At present, the available data do not allow us to draw definitive conclusions about the usefulness of traditional HRV indices for evaluating the performance of physical exercises and monitoring the training load. The discrepancies in the results published so far are due to several factors, including insufficient study size and design, and different HRV methods. It also remains to be seen whether traditional HRV indices will be useful for diagnosing overexertion and overtraining.

Keywords: overtraining, heart rate variability, autonomic dysfunction, orthostatic test, athletes.

Постановка проблеми. За останні 20 років монітори серцевого ритму (HRM) стали широко використовуваним допоміжним засобом для тренувань у різних видах спорту. Розробка нових HRM також швидко розвивалася протягом останніх двох десятиліть. Окрім реакції частоти серцевих скорочень (ЧСС) на фізичне навантаження, останнім часом дослідження більше зосереджені на варіабельності серцевого ритму (BCP). Під час градуєваних вправ більшість досліджень показують, що BCP поступово знижується до помірної інтенсивності, після чого стабілізується. Існує багато доказів, отриманих у перехресних дослідженнях, що треновані люди мають вищу BCP, ніж нетреновані особи. Результати лонгітюдних досліджень неоднозначні: деякі показують підвищення BCP після тренування, але така ж кількість досліджень не показує відмінностей [5].

Тренування на витривалість викликає зміни у функціях вегетативної нервової системи. Високоінтенсивні тренування включають ризик перетренованості у спортсменів. Варіабельність серцевого ритму — це неінвазивне вимірювання вегетативної регуляції серцевого ритму, яке швидко й легко виміряти за допомогою сучасної телеметричної технології. Оскільки на BCP впливають зміни у вегетативній нервовій системі, це може бути індикатором ранньої стадії поганого відновлення після попереднього заняття фізичними вправами або перенапруження чи перетренованості спортсменів загалом [1].

Серцево-судинна система, в основному, контролюється вегетативною регуляцією через діяльність симпатичних і парасимпатичних шляхів вегетативної нервової системи. Аналіз варіабельності серцевого ритму (BCP) дозволяє зрозуміти цей механізм контролю. Його можна легко визначити із записів ЕКГ, що призводить до часових рядів (RR-інтервалів), які зазвичай аналізуються в часовій і частотній областях. Як перший підхід, можна припустити, що потужність в різних діапазонах частот відповідає активності симпатичних (0,04-0,15 Гц) і парасимпатичних (0,15-0,4 Гц) нервів. Однак інші механізми (і петлі зворотного зв'язку) також працюють, особливо в діапазоні низьких частот [7]. Під час динамічних вправ зазвичай припускають, що частота серцевих скорочень збільшується як через припинення парасимпатичного нерва, так і через посилення симпатичної активності. Однак, оскільки деякі автори не погоджуються з першим твердженням і тим фактом, що під час тренування також існує технічна проблема, пов'язана з нестационарними

сигналами, необхідний критичний погляд на інтерпретацію результатів.

Порівняно з іншими показниками інтенсивності вправ, ЧСС легко контролювати, він відносно дешевий і може використовуватися в більшості ситуацій. Крім того, ЧСС і ВСР потенційно можуть зіграти роль у запобіганні та виявленні перетренованості. Вплив перенапруження на субмаксимальний ЧСС суперечливий, причому деякі дослідження показують зниження показників, а інші не відрізняються. Максимальна ЧСС, здається, була знижена майже в усіх дослідженнях «надміру» [4]. Наразі лише кілька досліджень вивчали зміни ВСР після періоду інтенсивного тренування, і з цих результатів неможливо зробити чіткі висновки.

Аналіз літературних джерел. Досвід аналізу частотної області за останні два десятиліття переконливо свідчить про те, що він є унікальним неінвазивним інструментом для досягнення більш точної оцінки вегетативної функції спортсменів як в експериментальних, так і в клінічних умовах. Наявні дослідження Mourouf L., Bouhaddi M., Perrey S., Roillon JD, Regnard J. вказують на те, що значення високочастотного компонента зрозуміло набагато краще, ніж нижчих частотних компонентів. Загалом вважається, що він відображає вагусну активність, і оскільки він легко піддається фармакологічним маніпуляціям, використовується як індекс цієї активності. Однак потрібна певна обережність, оскільки на цей параметр також сильно впливає ступінь зв'язку між диханням і частотою серцевих скорочень, що, у свою чергу, відображає інтенсивність дихального зусилля, а також парасимпатичної активності [7].

Останніми роками індекси ВСР у часовій та частотній областях також викликають зростаючий інтерес у спорті та тренувальних науках. У цих сферах ВСР наразі використовується для неінвазивної оцінки вегетативних змін, пов'язаних із короткостроковими та довгостроковими тренуваннями на витривалість як у спортивних заняттях на дозвіллі, так і у високопродуктивних тренуваннях. Крім того, ВСР Aubert AE, Seps B, Beckers F. досліджували як діагностичний маркер перенапруження та перетренованості [2].

Souza HCD, Philbois SV, Veiga AC, Aguilar BA. настійно рекомендують, щоб під час представлення звітів про дослідження ВСР, пов'язаних зі спортсменами, надавався детальний опис методів аналізу, а також щодо розкладу тренувань, інтенсивності та тривалості [8]. Дослідження Lazoglu AH, Glace B., Gleim GW, Coplan NL стосується відносно невеликої кількості учасників дослідження, що зменшує силу статистики. Тому багатоцентрові дослідження були б кращими [6]. Для подальшого розвитку цієї захоплюючої галузі досліджень ми виступаємо за проспективні, рандомізовані, контрольовані, довгострокові дослідження з використанням перевірених методів вимірювання. Нарешті, існує гостра потреба в фундаментальних дослідженнях природи контролю та регулюючого механізму, який здійснює вегетативна нервова система на серцево-судинну функцію у спортсменів, бажано з міждисциплінарним підходом між кардіологами, фізіологами, тренерами та біомедичними інженерами.

Відмінності в тривалості циклів відображають баланс симпатичного і парасимпатичного впливу на серце. Розкид частоти серцевих скорочень корелює з циклом дихання, барорефлекторною чутливістю, зміною дня і ночі і зміною вегетативного тону, викликаного фізичними вправами. Очікується, що аналіз часової та/або частотної області потужності дисперсії частоти серцевих скорочень матиме діагностичну цінність у фізіологічних і патологічних ситуаціях, таких як адаптація до тренувань, перетренованості, захворювання серця тощо. Обидва часові та частотні домени відображають той самий фізіологічний феномен. Тонус вагуса відображається у високочастотній частині діапазону дисперсії, тоді як підвищений симпатичний тонус збагачує низькочастотну частину варіацій тривалості послідовних серцевих циклів [4].

Метою статті є аналіз варіабельності серцевого ритму у спортсменів із ознаками перетренованості.

Матеріали та методи дослідження. Всього було обстежено 68 професійних спортсменів-легкоатлетів, які були поділені на 2 групи в залежності від наявності симптомів нефункціонального перевантаження. Першу групу (НП+) склали 27 осіб з виявленими ознаками нефункціонального перевантаження та вегетативної дисфункції при анкетуванні, середній вік пацієнтів цієї групи склав 22,5 (3,2) роки, кількість жінок в ній склала 11 (40,7%). Другу групу склала 41 особа без ознак нефункціонального перевантаження (НП-), середній вік її учасників 22,3 (2,30) років, кількість жінок в ній склала 20 (48,8%) осіб. Обидві вибірки відповідали критерію на нормальність розподілу за віком, не мали значимих відмінностей за віком та статтю, тривалістю та інтенсивністю тренувань ($p > 0,05$).

Всім спортсменам проводилися стандартні обстеження при поглибленому огляді: збір анамнезу та фізикальне обстеження, додаткові методи включали проведення ЕКГ та варіаційної пульсометрії, під час якої встановлювалися наступні показники: SDNN – стандартне відхилення NN-інтервалів, RMSSD – квадратний корінь із суми квадратів різниці величин послідовних пар NN-інтервалів, PNN50 – доля NN-інтервалів серед загальної кількості послідовних NN-інтервалів, що різняться більше ніж на 50 мс (за весь час запису), SD1 – стандартне відхилення діаграми розсіювання, перпендикулярно лінії ідентифікації; LF та HF – потужність в зоні низьких та високих частот, LF/HF – співвідношення, що характеризує симпатопарасимпатичний баланс.

Статистичний аналіз проводили за допомогою класичних методів, що використовуються в біостатистиці. Стандартні статистичні методи використовувалися для розрахунку M (середньої арифметичної), SD (стандартного відхилення), дані подані у вигляді M (SD), їх порівняння між групами та в динаміці здійснювали метод Манна-Уїтні.

Виклад основного матеріалу дослідження. При комплексному обстеженні пацієнтів нами також було проведено визначення варіабельності серцевого ритму. Відомо, що це один з основних показників, який дозволяє об'єктивно оцінити співвідношення симпатичного та парасимпатичного впливів на систему кровообігу у спортсменів. Враховуючи наявність скарг, що вказують на симптоми вегетативної дисфункції у спортсменів, а також ряд незадовільних показників при проведенні ортокліностатичної проби нами було визнано за доцільне проведення цього методу. Як зазначалося, обстеження проводилося за класичною методикою, перед визначенням показника спортсмени мали провести певний час у горизонтальному положенні для стабілізації ЧСС.

Як зазначено в таблиці 1 група осіб з НП (ПТ) в цілому характеризувалася нижчою варіабельністю серцевого

ритму. Про це свідчить статистично значиме переважання показників у групі ВД-, у переважній більшості випадків $p < 0,001$. Перш за все нижчим був показник, що характеризує загальну ВСР: у групі ВД+ він склав 56,3 (15,73), в той час як в групі порівняння 69,1 (17,62). Якщо вести мову про дорослих людей відповідного віку, то в обох випадках він є задовільним для дорослих людей відповідного віку [3], проте він є заниженим як для спортсменів-професіоналів з ознаками НП (ПТ). Схожа ситуація спостерігалася і при вимірюванні поширеного в спорті показника RMSSD (середньоквадратичне відхилення різниці послідовних інтервалів N-N), який є виміром ВСР з малою тривалістю циклів. У представників групи ВД+ цей показник відповідав середнім значенням для дорослих осіб, проте як для спортсменів, що беруть участь в змаганнях та мають на меті успішні виступи він був замалим. Зважаючи на те, що показник характеризує парасимпатичну активність, його значення є важливим свідченням її недостатності, та є важливим фактором зсуву вегетативного балансу. У стані спокою, під час якого проводилося дослідження також важливим показником інтенсивності парасимпатичної активності є PNN50, який також є виміром варіабельності серцевого ритму з малою тривалістю циклів і вказує яку частку складають послідовні інтервали NN, різниця між якими складає 50 мс. Відомо, що цей показник значною мірою залежить від частоти та глибини дихання, високі його значення можуть супроводжуватися появою фізіологічної дихальної аритмії. В групі осіб з ознаками НП (ПТ) цей показник склав 7,7 (2,15) проти 11,7 (2,87) у групі порівняння, $p < 0,001$.

Таблиця 1.

Варіабельність ритму серця у обстежених спортсменів			
	ВД+	ВД-	p
SDNN	56,3 (15,73)	69,1 (17,62)	0,002
RMSSD	35,2 (9,65)	44,7 (10,92)	<0,001
PNN50	7,7 (2,15)	11,7 (2,87)	<0,001
SD1	25,6 (7,06)	32,7 (8,02)	<0,001
LF	595,6 (163,92)	756,7 (185,92)	<0,001
HF	312,2 (89,87)	579,9 (157,79)	<0,001
LF/HF	2,0 (0,44)	1,33 (0,12)	<0,001

Визначався також нелінійний показник SD1 на підставі автоматизованої побудови графіку Пуанкаре. Цей графік (точкова діаграма) є двовимірною і дозволяє вивчати властивості атрактора в просторових відображеннях в меншій, ніж D2, розмірності. Параметр SD1 визначається при автоматизованій оцінці стандартного відхилення перпендикулярно до центральної осі (лінії тотожності), приклад зображено на рис. 1. Він також був суттєво меншим в групі ВД+, якщо порівнювати з ВД-, що також вказує на меншу варіабельність ритму серця та автономну дисфункцію.

Схожу картину отримано при проведенні спектрального аналізу частотних (потужнісних) показників ВСР. Оскільки тривалість реєстрації не перевищувала 5-7 хвилин нами вивчалися параметри LF, HF та їх співвідношення.

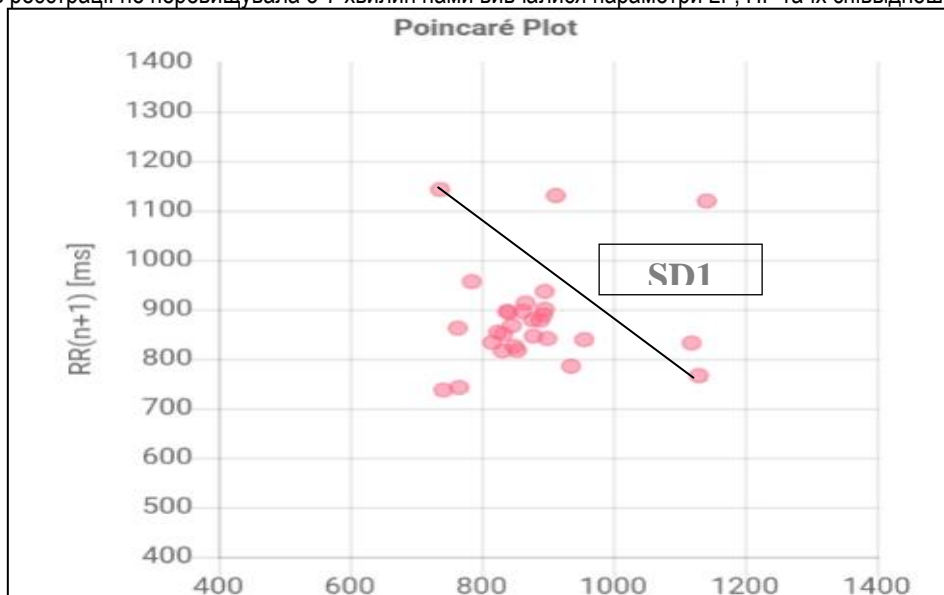


Рис.1. Приклад визначення показника SD1 на точковій діаграмі графіка Пуанкаре (ультракороткий запис)

Як зазначено у таблиці 1, у осіб з ознаками НП (ПТ) меншими були як LF (відображає низькочастотну складову, є інтегративним показником активності вегетативної нервової системи в цілому), так і HF (відображає високочастотну складову, більшою мірою характеризує парасимпатичний тонус). Важливим свідченням переважання активності симпатичної нервової системи у осіб з ознаками НП (ПТ) є збільшене співвідношення LF/HF порівняно з групою ВД-, воно перевищує межі нормальних показників не тільки для молодих, але й більш старших вікових категорій (1,5-1,8), що підтверджує наявність розвитку вегетативного дисбалансу у першій групі спортсменів.

Висновки. Таким чином, вивчення короткострокової варіабельності серцевого ритму показало, що у спортсменів з ознаками НП (ПТ) спостерігаються гірші показники ВСР, перш за все це стосується співвідношення між тонусом

симпатичної та парасимпатичної нервової систем (LF/HF), параметри якого перевищували нормальний рівень для людей, що спортом не займаються. З інших показників слід відмітити зменшення загальної варіабельності ритму (SDNN, SD1) в основній групі, нижче значення показників, що вказують на тонус парасимпатичної нервової системи. Оскільки дослідження проводилися в спокої, це є важливим свідченням автономної дисрегуляції, що, на нашу думку пов'язано з недостатнім відновленням спортсменів після інтенсивних тренувань.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку полягають у детальному вивченні функціонального стану серцево-судинної системи легкоатлетів з симптомами нефункціонального перенавантаження та розробки моделі відновлення після надмірних фізичних навантажень.

Reference

1. Myskan, B. M., Ostapyak, Z. M., Myskan, T. S., Korobeynikov, G. V., Drozd, S., & Tsynarskyi, V. Ya. (2022). HEART RHYTHM VARIABILITY IN ATHLETES. Rehabilitation and physical culture and recreational aspects of human development (Rehabilitation & Recreation), (12), 128–143. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.12.18>
2. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. Sports Med. 2003;33(12):889-919. doi: 10.2165/00007256-200333120-00003. PMID: 12974657.
3. Brenner IK, Thomas S, Shephard RJ. Autonomic regulation of the circulation during exercise and heat exposure. Inferences from heart rate variability. Sports Med. 1998 Aug;26(2):85-99. doi: 10.2165/00007256-199826020-00003. PMID: 9777682.
4. Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD. Herzfrequenzvariabilität und Sport [Heart rate variability and physical exercise. Current status]. Herz. 2006 Sep;31(6):544-52. German. doi: 10.1007/s00059-006-2855-1. PMID: 17036185.
5. Kiss O, Sydó N, Vargha P, Vágó H, Czimbalmos C, Édes E, Zima E, Apponyi G, Merkely G, Sydó T, Becker D, Allison TG, Merkely B. Detailed heart rate variability analysis in athletes. Clin Auton Res. 2016 Aug;26(4):245-52. doi: 10.1007/s10286-016-0360-z. Epub 2016 Jun 6. PMID: 27271053.
6. Lazoglu AH, Glace B., Gleim GW, Coplan NL. Вправи та варіабельність серцевого ритму. Am. Heart J. 1996; 131 :825–826. doi: 10.1016/S0002-8703(96)90294-X.
7. Mourout L., Bouhaddi M., Perrey S., Roillon JD, Regnard J. Кількісний аналіз графіка Пуанкаре варіабельності серцевого ритму: вплив тренування на витривалість. Євро. J. Appl. фізіол. 2004; 91 :79–87. doi: 10.1007/s00421-003-0917-0.
8. Souza HCD, Philbois SV, Veiga AC, Aguilar BA. Heart Rate Variability and Cardiovascular Fitness: What We Know so Far. Vasc Health Risk Manag. 2021 Nov 13;17:701-711. doi: 10.2147/VHRM.S279322. PMID: 34803382; PMCID: PMC8598208.

DOI 10.31392/NPU-nc.series15.2022.12(158).34

Ягодзінський В. П.,
кандидат педагогічних наук, начальник кафедри фізичного виховання,
спеціальної фізичної підготовки і спорту, Військова академія
Балдецький А. А.,
доцент кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту, Військовий інститут
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Барковський Д. О.,
старший викладач кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту,
Іванов С. В.,
викладач кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту,
Слівінський Я. С.,
викладач кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту,
Діденко О. В.,
викладач кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту,
Ворок С. С.,
старший викладач кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту,
Гончарук А. В.,
викладач кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту, Військова академія
Кривобок Т. П.,
старший викладач кафедри футболу, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ТРЕНУВАННЯ НА ПОКАЗНИКИ ФІЗИЧНОГО СТАНУ КУРСАНТІВ

Статтю присвячено дослідженню впливу високоінтенсивного функціонального тренування за системою «Кросфіт» на показники фізичного розвитку та функціональних можливостей курсантів – майбутніх офіцерів Десантно-штурмових військ Збройних Сил України у процесі навчання. Дослідження проводилося у Військовій академії (м. Одеса, Україна) на факультеті підготовки спеціалістів Десантно-штурмових військ у 2020-2021 роках. У дослідженні взяли участь 256 курсантів чоловічої статі. Було сформовано дві групи: Групу 1 (n=40), курсанти якої під час навчання займалися у секції академії з кросфіту, та Групу 2 (n=216), курсанти якої займалися за чинною системою фізичної підготовки в академії та додатково не відвідували жодну із спортивних секцій. Фізичний стан курсантів оцінювався за показниками: довжини тіла, маси тіла, кистьової динамометрії, частоти серцевих скорочень, артеріального тиску,