

УДК 612.172.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-35-42

Каленіченко Олексій Володимирович

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

sport_fizkult@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1863-7109>**Дзюник Іван Сергійович**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

ivandzunik@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-7491-4116>**Федяй Ірина Олександрівна**

Харківська державна академія фізичної культури

razira1983@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7171-1622>**Коваленко Станіслав Олександрович**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

kovstas@ukr.netORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4631-0464>

ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ ГЕМОДИНАМІКИ ТА ЇХ СИНХРОНІЗМ У СПОРТСМЕНІВ, ЯКІ ТРЕНУЮТЬ ВИТРИВАЛІСТЬ

Проведені вимірювання на 28 спортсменах видів спорту на витривалість та 29 чоловіків із значенням $RWC170$ вище $1350 \text{ кг}\cdot\text{м}\cdot\text{хв}^{-1}$. Спортсмени, що тривалий час займались аеробними навантаженнями, мали більшу потужність регуляторних коливань ударного об'єму крові (УОК) у діапазоні барорефлексу, ніж чоловіки не спортсмени з високим рівнем фізичної працездатності. Вони також мали суттєві відмінності у структурі дихальної синусової аритмії в спокої, при регламентованому диханні та при ортопробі, в порівнянні з особами такого ж рівня фізичної працездатності, котрі не займались спортивною діяльністю. Зміни УОК на вдиху були вищими у спортсменів, а при ортопробі - їх амплітуда у них зменшувалась. Крос-спектральний аналіз коливань тривалостей інтервалу R-R та УОК показав, що в спокої особи, на яких регулярно діють аеробні навантаження, мають вищий рівень спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж чоловіки із таким же високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортом.

Ключові слова: спортсмени, дихальна синусова аритмія, спонтанна барорефлекторна чутливість

Постановка питання. Синхронізація коливань різних фізіологічних показників може бути характеристикою, що визначає функціональний стан організму людини [0]. Вельми прогностичним для цього є зв'язок повільних хвильових проявів в гемодинаміці представлених дослідженнями спонтанної барорефлекторної чутливості [2, 3] та дихального синхронізму у серцево-судинній системі [4, 5]. Перспективним вбачається визначення як синхронізму між коливаннями показників серцевого викиду, артеріального тиску, тривалості інтервалу R-R (т-R-R) так і впливу зовнішнього дихання на ці характеристики у спортсменів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість наукових робіт присвячена вивченню синхронізації коливань т-R-R та тиску крові в осіб, які займаються різними видами спорту [6, 7]. Показані суттєві відмінності у структурі флуктуацій гемодинаміки у них від неспортсменів. Разом з цим, у популяції здорових людей існує значний розкид значень показників аеробної працездатності, обумовлений генетичними факторами [9]. Однак аналіз особливостей коливань гемодинаміки у молодих людей різного рівня фізичної працездатності, що не займаються систематично фізичними вправами, не здійснювався.

Вельми цікавим було порівняти особливості коливань тривалості інтервалу R-R (т-R-R) та ударного об'єму крові (УОК) у осіб із високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортивною діяльністю, та висококваліфікованих спортсменів, які систематично виконують аеробні вправи. Такі дослідження, на нашу думку, можуть дати відповідь на питання: чим обумовлені характеристики регуляторних коливань гемодинаміки – впливом тривалих навантажень чи певною типологією?

Мета роботи. Дослідження коливань т-R-R та УОК у висококваліфікованих спортсменів видів спорту з переважним розвитком витривалості та у молодих чоловіків з високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються систематичною спортивною діяльністю.

Огляд основного матеріалу дослідження. Методика. Вимірювання проведені на 28 спортсменах видів спорту на витривалість та 29 чоловіків із значенням PWC_{170} вище $1350 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{хв}^{-1}$.

Всі особи брали участь у дослідженнях добровільно, за даними медичного обстеження були практично здоровими, не мали гострих та хронічних захворювань. Перед виконанням завдань вони інформувались відносно мети та задач вимірювань, послідовності та змісту тестових навантажень.

Процедура вимірювань для всіх осіб була стандартною. Проводили інструктаж. Далі на тіло обстежуваного встановлювали електроди та датчики і вкладали його на кушетку, де він відпочивав 10-15 хвилин. Після цього проводили 5-хвилинні записи сигналів від реографа та пневмографа.

Пробу регламентованого дихання з частотою 6 цикл/хв проводили в положенні лежачи 5 хвилин. Ритм дихання задавався словесними командами, записаними на комп'ютер. Пробу починали за 15-20 секунд до початку реєстрації. Через 5-6 хвилин після завершення цього тесту здійснювали активну ортопробу тривалістю 7 хвилин. Потім обстежуваний сідав і через 3-5 хвилин в цьому положенні знову проводили 5-хвилинний запис сигналів.

Фізичне навантаження потужністю 1 Вт на кг ваги тіла виконували впродовж 5 хвилин на велоергометрі TX-1 (HKS, Germany). Через 5 хвилин відпочинку повторювали навантаження потужністю $2 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$. Визначення рівня фізичної працездатності здійснювали за тестом PWC_{170} .

Сигнали диференційованої ЕКГ, реограми та базового опору, отримували від біопідсилювача PA-5-01 (Київський науково-дослідний інститут радіовимірювальної апаратури) та цифрували через 12-розрядний аналого-цифровий перетворювач ADC-1280 з вхідним діапазоном $\pm 5 \text{ В}$ (Holit Data Systems, Київ). Частота дискретизації – 860 разів за секунду. Цифровані сигнали записували на жорсткий диск комп'ютера для наступного аналізу. Для аналізу сигналів, поставлення на них критичних точок, їх експорту в електронні таблиці використовували розроблену нами програму “Bioscan” [10].

За реограмою грудної клітки визначали ударний об'єм крові за формулою Kubichek W.G. e.a. [11].

Тривалість кожного кардіоциклу розраховували за часовими параметрами найвищої точки зубця R електрокардіограми. Тривалість спіроциклу - за параметрами точки початку вдиху. Часовий ряд, що складався з цих числових даних та відповідних даних ударного об'єму крові експортувався у програму “Caspico” (А.с. України №11262).

Розраховували наступні показники варіабельності та хвильової структури тривалості інтервалу R-R: середнє значення тривалості інтервалу R-R (т-R-R); стандартне квадратичне відхилення тривалості інтервалу R-R (SDNN); HF (0,15-0,4 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні високих частот; LF (0,04-0,15 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні низьких частот; VLF (0-0,04 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні дуже низьких частот. Загальну потужність спектру (TP) оцінювали за сумою значень VLF, LF та HF.

Крім цього, визначали частоту найбільших за амплітудою піків на спектрограмі в діапазоні низьких (tLF) та високих (tHF) частот. Спектральний аналіз також включав визначення потужності високочастотних коливань у нормалізованих одиницях (HF_{norm}).

Оскільки для серцевого ритму здорової людини характерна суттєва хаотичність, тому для визначення індивідуальних характеристик спектру бажано проводити його оцінку за декількома реалізаціями. Для цього використовували побудову медіанної спектрограми, що здійснювали наступним чином. Індивідуальні спектрограми розбивали на 50 вікон шириною 0,01 Гц, в яких визначали потужність спектру. За індивідуальними даними будували таблицю та визначали медіану потужності спектру в кожному з вікон. За цими медіанами і будували графік. Оцінку центральної тенденції вибірок здійснювали за медіаною тому що розподіл показників не був нормальним.

Методика розрахунку показників ритмічної структури УОК дещо відрізнялась від алгоритмів, застосованих для часових рядів т-R-R. Це пояснюється як наявністю шумових явищ при реєстрації цього показника, так і більшою хаотичністю його змін з часом. Так, спочатку здійснювали спектральний аналіз індивідуального часового ряду УОК періодограмним методом та сгладжували отриманий графік до 50 вікон з кроком 0,01 Гц. Далі від усіх значень спектральної потужності в діапазоні від 0 до 0,4 Гц віднімали найменше значення. За отриманими даними визначали потужність спектру УОК в стандартних діапазонах (VLF^{sv} , LF^{sv} , HF^{sv}), та загальну потужність – TP^{sv} , нормалізовану потужність у діапазоні високих частот (HF_{norm}^{sv}) та будували медіанні спектрограми.

Крос-спектральну потужність визначали крос-періодограмним методом у програмі „Statistica for Windows – 5.0” (модуль Times Series/Forecasting). Отримані графіки після корекції меж її елементів у відповідності до середньої тривалості інтервалу R-R розбивали на 50 вікон шириною 0,01 Гц. На них визначали амплітуду та частоту найбільшого та найменшого піку в діапазонах 0-0,04 Гц (VLF_{min} , VLF_{max} , $tVLF_{min}$, $tVLF_{max}$), 0,04-0,15 Гц (LF_{min} , LF_{max} , tLF_{min} , tLF_{max}), 0,15-0,4 Гц (HF_{min} , HF_{max} , tHF_{min} , tHF_{max}). Крім цього, за результатами індивідуальних крос-періодограм будували медіанні графіки.

Рівень синусової дихальної аритмії визначали за способом, запропонованим С.О.Коваленком та В.О.Цибенком (Патент України №67621). Проводили визначення максимальної і мінімальної середньої тривалості кардіоциклу (та їх відхилення від значення на вдиху: RSA_{min} та видиху RSA_{max}), які і визначають величину дихальної синусної аритмії, визначення проміжку часу між цими значеннями та початком вдиху (T_{min} та T_{max}). Подібним чином проводили і аналіз змін УОК впродовж дихального циклу з визначенням мінімального (RA_{min}) та максимального (RA_{max}) значень та часу їх виникнення.

Для характеристики центральних тенденцій вибірки використовували показник медіани, а для її варіативності - стандартне квадратичне відхилення, його помилку, значення верхнього та нижнього квантилів.

Групові відмінності між вибірками визначали за U-критерієм Mann-Whitney, а парні порівняння – за методом Wilcoxon [12]. Зв'язки між досліджуваними показниками визначали за ранговим коефіцієнтом кореляції Спірмена.

Розрахунки вказаних показників, а також графічне представлення результатів аналізу проводили в електронних таблицях “Excel”, програмі „Statistica for Windows-5.0”.

Результати та їх обговорення. За рівнем фізичної працездатності, яка оцінювалась за тестом PWC_{170} , спортсмени та неспортсмени типологічної групи із високим її рівнем вірогідно не відрізнялись. В стані спокою, лежачи, більшість основних показників центральної гемодинаміки у них також мали однаковий рівень. Втім, спортсмени мали значуще вищий рівень середнього артеріального тиску. Такі особливості можуть вказувати на певний рівень напруження у серцево-судинній системі у спортсменів. Дійсно, вимірювання у них проводили у підготовчому періоді річної підготовки із великим обсягом аеробних навантажень.

При ортопробі у спортсменів т-R-R стає значуще більшою, ніж у неспортсменів (відповідно 871 [787; 966] мс та 791 [699; 839] мс). При дозованому фізичному навантаженні

разом із особливостями, відміченими у спокої, лежачи, достовірно різняться рівні t -R-R (відповідно 656 [632; 706] мс та 631 [595; 665] мс), серцевого індексу (відповідно 2797 [2640; 2972] мл/хв·м² та 3498 [2831; 3927] мл/хв·м²). Такі особливості свідчать про більш економічне пристосування серцево-судинної системи спортсменів до дозованого фізичного навантаження навіть у порівнянні із неспортсменами високого рівня фізичної працездатності.

Потужність коливань t -R-R у стандартних діапазонах, загальна потужність спектру та нормалізована у діапазоні 0,15-0,4 Гц у порівнюваних групах значуще не відрізнялись за всіх умов. Разом із тим спостерігались вірогідні відмінності на медіанних графіках спектрограм. Так, в спокої, лежачи, спортсмени мали більшу потужність спектру коливань t -R-R на частотах 0,04 Гц, 0,09 Гц, 0,11 Гц, 0,12 Гц. При ортопробі (рис. 1) у спортсменів цей показник був значуще більшим на частотах 0,05 Гц, 0,09 Гц, 0,11-0,16 Гц, 0,24-0,32 Гц. Це може свідчити як про більшу варіабельність ЧСС у них, так і про більшу активацію симпатичної ланки ВНС. Крім цього відмінності на частотах 0,11-0,16 Гц, цілком ймовірно, можуть обумовлюватись знаходженням частоти дихання у частини спортсменів у довгохвильовому діапазоні.

При виконанні дозованого фізичного навантаження потужність спектру вірогідно вища у спортсменів на частотах 0,04 Гц, 0,05 Гц, 0,08 Гц, 0,11 Гц, що вказує на більший рівень симпатичної активації у них при цьому.

Колівання УОК в спокої, лежачи, у спортсменів характеризувались переважанням її потужності у діапазоні LF у порівнянні з неспортсменами з високим рівнем фізичної працездатності (відповідно 13,4 [6,0; 34,8] мл² та 7,5 [3,8; 17,9] мл², $p < 0,05$). На медіанних спектрограмах УОК наявні значущі відмінності між порівнюваними групами у потужності спектру на частотах від 0,07 Гц до 0,12 Гц (рис. 2).

При виконанні ортопроби та дозованому фізичному навантаженні значуще більший рівень потужності коливань УОК в діапазоні низьких частот у спортсменів зберігається.

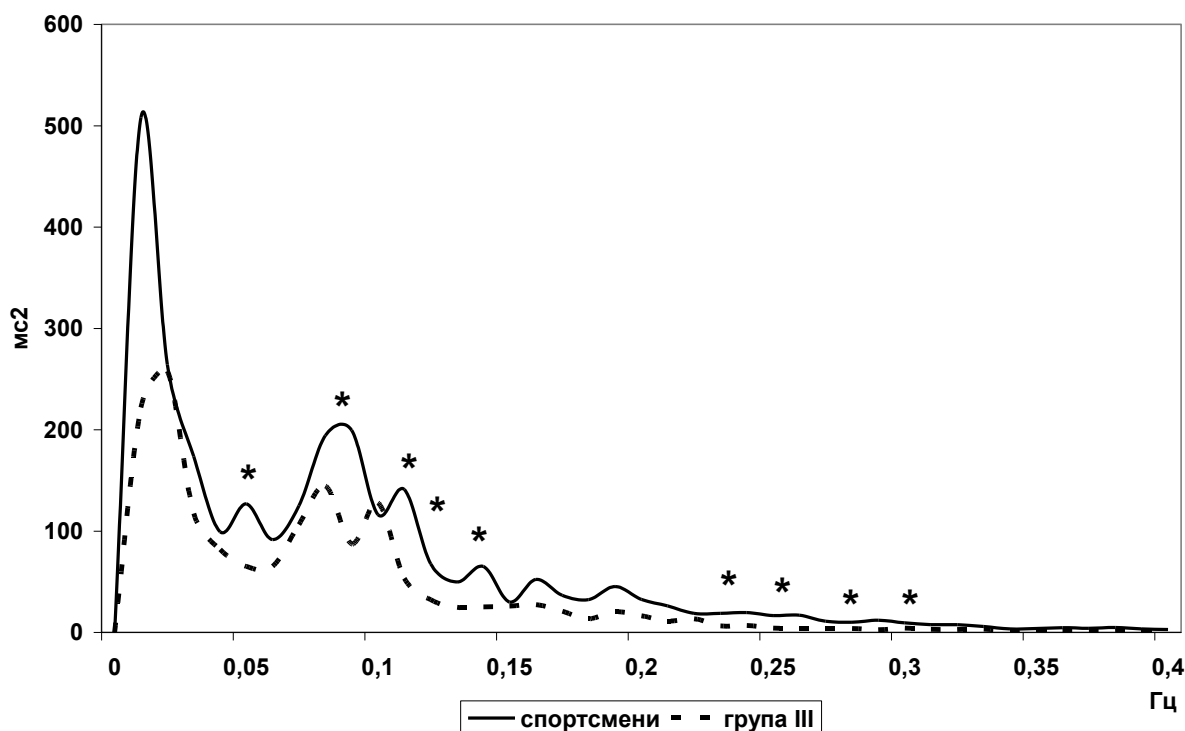


Рис. 1. Медіанні спектрограми коливань t -R-R у спортсменів видів спорту на витривалість і неспортсменів із високим рівнем фізичної працездатності при ортопробі.
* – $p < 0,05$ між відповідними елементами спектрограми у порівнюваних групах

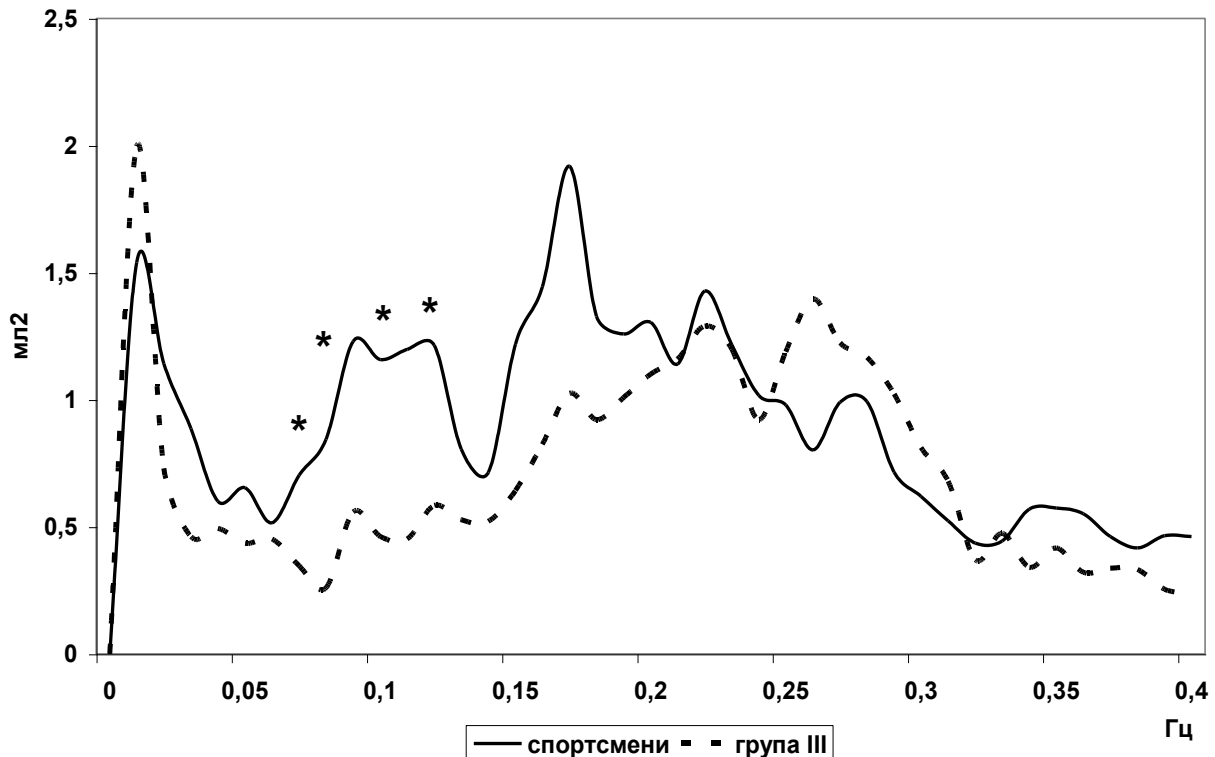


Рис. 2. Медіанні спектрограми коливань УОК у спортсменів видів на витривалість і неспортсменів із високим рівнем фізичної працездатності при ортопробі. * – $p < 0,05$ між відповідними елементами спектрограми у порівнюваних групах

Отже, спортсмени, що тривалий час займались аеробними навантаженнями, мали більшу потужність регуляторних коливань УОК у діапазоні барорефлексу.

Показники дихальної синусової аритмії (ДСА) у представників порівнюваних груп різнились у спокої, лежачи, та при регламентованому диханні. У спортсменів RSA_{\min} була значуще вищою в порівнянні із групою неспортсменів високої фізичної працездатності у спокої, лежачи (відповідно 42 [19,8; 83,7] мс та 28 [2,9; 35,8] мс), та при диханні із частотою 6 циклів за хвилину (відповідно 117,2 [65,8; 197,6] мс та 85,3 [46,3; 97,3] мс). За умов останнього тесту спортсмени також мали вищий рівень RSA (відповідно 253,5 [196,3; 324,5] мс та 209 [158,5; 215,5] мс). Ці закономірності підтверджуються і при аналізі нормалізованих змін $t-R-R$ впродовж спіроінтервалу (рис. 3).

Так, нормалізовані значення $t-R-R$ у осіб, що регулярно тренуються на витривалість, були вірогідно вищими із 3,7 с по 6,2 с від початку вдиху, ніж у порівнюваній групі.

При ортопробі вірогідних відмінностей за показниками ДСА між групами не знайдено. Разом із цим реактивність RSA_{\min} та на це навантаження у них різнилась. У спортсменів менші зміни RSA_{\min} (відповідно 3,3 [-51,8; 89,1]% та -69,1 [-83,3; -33,1]%) та RSA_{\max} (відповідно -22,2 [-59,9; 135,8]% та 150 [97,3; 738,1]% у порівнянні із неспортсменами високої працездатності.

Отже, спортсмени мали суттєві відмінності у структурі ДСА в спокої, при регламентованому диханні та при ортопробі, в порівнянні з особами такого ж рівня фізичної працездатності, котрі не займались спортивною діяльністю.

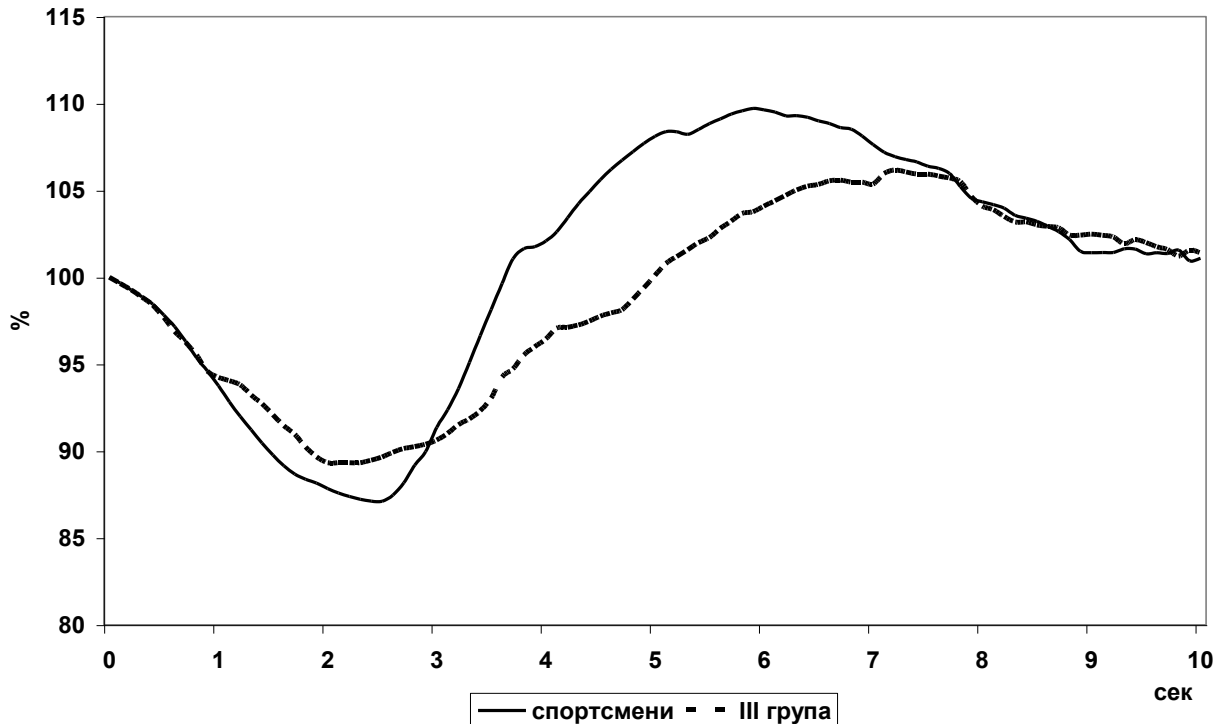


Рис. 3. Нормалізовані зміни t-R-R впродовж спіроінтервалу при регламентованому диханні 6 циклів за хвилину у спортсменів та неспортсменів із високим рівнем фізичної працездатності.

Аналіз змін УОК впродовж дихального циклу показав, що в основному існують відмінності у порівнюваних групах за рівнями RA_{min} майже у всіх умовах (рис. 4).

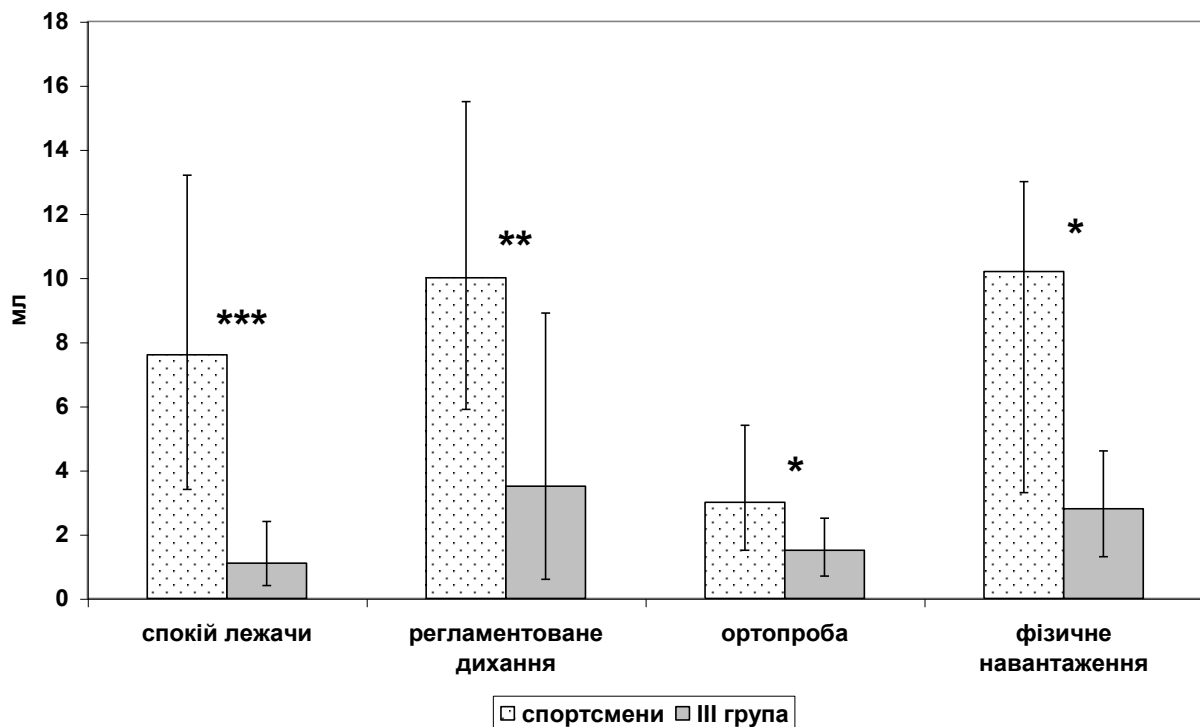


Рис. 4. Показник RA_{min} у спортсменів та осіб із високим рівнем фізичної працездатності за різних умов. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ між групами

При цьому зміни УОК на вдиху були вищими у спортсменів, а при ортопробі - їх амплітуда у них зменшувалась.

Таким чином, у осіб, що систематично виконували вправи на витривалість, спостерігали дещо парадоксальне явище (виходячи із отриманих і описаних вище у роботі даних) суттєвого зниження УОК, що у недостатній мірі компенсується прискоренням серцевого ритму у цей період часу. Цілком можливо, що компенсаторні можливості серця у них дозволяють наявність таких особливостей регуляції.

Крос-спектральний аналіз коливань т-R-R та УОК показав наявність значущих відмінностей між спортсменами та особами із високим рівнем фізичної працездатності за показником LF_{max} у спокої, лежачи (відповідно 21,6 [5,9; 29,1] мс·мл та 4,2 [1,4; 10,4] мс·мл, $p < 0,001$), та при регламентованому диханні із частотою 6 циклів за хвилину (відповідно 279,5 [129,3; 548,3] мс·мл та 197,4 [18,9; 303] мс·мл, $p < 0,05$).

Отже, в спокої особи, на яких регулярно діють аеробні навантаження, мають вищий рівень спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж чоловіки із таким же високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортом.

Висновки

1. Спортсмени, що тривалий час займались аеробними навантаженнями, мали більшу потужність регуляторних коливань УОК у діапазоні барорефлексу, ніж чоловіки не спортсмени з високим рівнем фізичної працездатності.
2. Спортсмени мали суттєві відмінності у структурі дихальної синусової аритмії в спокої, при регламентованому диханні та при ортопробі, в порівнянні з особами такого ж рівня фізичної працездатності, котрі не займались спортивною діяльністю. Зміни УОК на вдиху були вищими у спортсменів, а при ортопробі - їх амплітуда у них зменшувалась.
3. Крос-спектральний аналіз коливань т-R-R та УОК показав, що в спокої особи, на яких регулярно діють аеробні навантаження, мають вищий рівень спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж чоловіки із таким же високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортом.

Список використаної літератури

1. Коваленко С. О. (2017) Характеристика та теоретичні основи методів аналізу варіабельності серцевого ритму. Український журнал медицини, біології та спорту. № 2. С. 223–233.
2. Man T, Tegegne BS, van Roon AM, Rosmalen JGM, Nolte IM, Snieder H, Riese H. (2021) Spontaneous baroreflex sensitivity and its association with age, sex, obesity indices and hypertension: a population study. *Am J Hypertens.* 34(12):1276-1283. doi: 10.1093/ajh/hpab122.
3. Schumann A, Gupta Y, Gerstorff D, Demuth I, Bär KJ. (2024) Sex differences in the age-related decrease of spontaneous baroreflex function in healthy individuals. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 326(1):H158-H165. doi: 10.1152/ajpheart.00648.2023.
4. Sevoz-Couche C, Laborde S. (2022) Heart rate variability and slow-paced breathing: when coherence meets resonance. *Neurosci Biobehav Rev.* Apr;135:104576. doi: 10.1016/j.neubiorev.2022.104576.
5. Ritz T. (2024) Putting back respiration into respiratory sinus arrhythmia or high-frequency heart rate variability: Implications for interpretation, respiratory rhythmicity, and health. *Biol Psychol.* 2024 Jan;185:108728. doi: 10.1016/j.biopsycho.2023.108728.
6. Ellingson CJ, Shafiq MA, Ellingson CA, Neary JP, Dehghani P, Singh J. (2024) Assessment of cardiovascular functioning following sport-related concussion: A physiological perspective. *Auton Neurosci.* Apr;252:103160. doi: 10.1016/j.autneu.2024.103160.
7. Ellingson CJ, Singh J, Ellingson CA, Sirant LW, Krätzig GP, Dorsch KD, Piskorski J, Neary JP. (2022) Alterations in Baroreflex Sensitivity and Blood Pressure Variability Following Sport-Related Concussion. *Life (Basel).* Sep 8;12(9):1400. doi: 10.3390/life12091400.
8. Lester GR, Abiusi FS, Bodner ME, Mittermaier PM, Cote AT. (2022) The Impact of Fitness Status on Vascular and Baroreceptor Function in Healthy Women and Men. *J Vasc Res.* 59(1):16-23. doi: 10.1159/000518985.
9. Kemper HCG. (2020) Change in the Mindset of a Paediatric Exercise Physiologist: A Review of Fifty Years Research. *Int J Environ Res Public Health.* Apr 22;17(8):2888. doi: 10.3390/ijerph17082888.
10. Коваленко С.О., Кушніренко О.Є., Носенко Л.І. (2000) Програмна система первинної обробки кардіографічних сигналів // Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки. – Черкаси. Вип. 22. С.73-78.
11. Kubichek W.G., Patterson R.P., Wetsol D.A. (1970) Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* №2. P. 724-732.
12. Glantz SA. (2012) *Primer of biostatistics.* 7th edition, McGraw-Hill: Medical, New York, 320 p.

References

1. Kovalenko SO (2017) Kharakterystyka ta teoretychni osnovy metodiv analizu variabelnosti sertsevoho rytmu. Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu. № 2. P. 223–233.
2. Man T, Tegegne BS, van Roon AM, Rosmalen JGM, Nolte IM, Snieder H, Riese H. (2021) Spontaneous baroreflex sensitivity and its association with age, sex, obesity indices and hypertension: a population study. *Am J Hypertens.* 34(12):1276-1283. doi: 10.1093/ajh/hpab122.
3. Schumann A, Gupta Y, Gerstorff D, Demuth I, Bär KJ. (2024) Sex differences in the age-related decrease of spontaneous baroreflex function in healthy individuals. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 326(1):H158-H165. doi: 10.1152/ajpheart.00648.2023.
4. Sevoz-Couche C, Laborde S. (2022) Heart rate variability and slow-paced breathing: when coherence meets resonance. *Neurosci Biobehav Rev.* Apr;135:104576. doi: 10.1016/j.neubiorev.2022.104576.
5. Ritz T. (2024) Putting back respiration into respiratory sinus arrhythmia or high-frequency heart rate variability: Implications for interpretation, respiratory rhythmicity, and health. *Biol Psychol.* 2024 Jan;185:108728. doi: 10.1016/j.biopsycho.2023.108728.
6. Ellingson CJ, Shafiq MA, Ellingson CA, Neary JP, Dehghani P, Singh J. (2024) Assessment of cardiovascular functioning following sport-related concussion: A physiological perspective. *Auton Neurosci.* Apr;252:103160. doi: 10.1016/j.autneu.2024.103160.
7. Ellingson CJ, Singh J, Ellingson CA, Sirant LW, Krätzig GP, Dorsch KD, Piskorski J, Neary JP. (2022) Alterations in Baroreflex Sensitivity and Blood Pressure Variability Following Sport-Related Concussion. *Life (Basel).* Sep 8;12(9):1400. doi: 10.3390/life12091400.
8. Lester GR, Abiusi FS, Bodner ME, Mittermaier PM, Cote AT. (2022) The Impact of Fitness Status on Vascular and Baroreceptor Function in Healthy Women and Men. *J Vasc Res.* 59(1):16-23. doi: 10.1159/000518985.
9. Kemper HCG. (2020) Change in the Mindset of a Paediatric Exercise Physiologist: A Review of Fifty Years Research. *Int J Environ Res Public Health.* Apr 22;17(8):2888. doi: 10.3390/ijerph17082888.
10. Kovalenko S.O., Kushnirenko O.Ie., Nosenko L.I. (2000) Prohramna systema pervynnoi obrobky kardiohrafichnykh syhnaliv // Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii: Biolohichni nauky. Cherkasy. Vyp.22. C.73-78.
11. Kubichek W.G., Patterson R.P., Wetsol D.A. (1970) Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* №2. P. 724-732.
12. Glantz SA. (2012) Primer of biostatistics. 7th edition, McGraw-Hill: Medical, New York, 320 p.

Kalenichenko O., Dziunyk I., Fediai I., Kovalenko S.

Hemodynamic fluctuations and their synchronization in endurance athletes

Introduction. Synchronization of oscillations of various physiological parameters can be a characteristic that determines the functional state of the human body. The connection of slow wave manifestations in hemodynamics represented by studies of spontaneous baroreflex sensitivity and respiratory synchronism in the cardiovascular system is very predictive of this.

Methods of the study. The measurements were performed on 28 endurance sports athletes and 29 men with a PWC170 value above 1350 kg-m-min⁻¹. The cross-spectral power of fluctuations in the duration of the RR interval and the stroke volume (determined by the reographic method) and the level of changes in these indicators during the respiratory cycle at rest, during regulated breathing, orthoprobe, and dosed physical activity were calculated.

Main results of the study. Athletes who had been engaged in aerobic exercise for a long time had a greater power of regulatory oscillations of stroke blood volume in the baroreflex range than non-athletes with a high level of physical performance. Athletes had significant differences in the structure of respiratory sinus arrhythmia at rest, during regulated breathing and during orthoprostheses, compared with individuals of the same level of physical performance who were not involved in sports activities. Changes during inspiration were higher in athletes, and their amplitude decreased during orthoprostheses. Cross-spectral analysis of fluctuations in the duration of the RR interval and stroke blood volume showed that at rest, individuals regularly exposed to aerobic exercise have a higher level of spontaneous baroreflex sensitivity than men with the same high level of physical performance who do not engage in sports

Scientific novelty of the study results. The aim is to find out the synchronization of hemodynamic parameters in endurance sports athletes compared to people of high working capacity who do not systematically engage in sports

Conclusions and specific suggestions of the author. Prospects for future research are seen in the study of the synchronism of hemodynamic parameters in different states of athletes.

Одержано редакцією: 22.11.24

Прийнято до публікації: 11.12.24