

## ЦЕНТРАЛЬНА ГЕМОДИНАМІКА ТА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ У СПОРТСМЕНІВ ЦИКЛІЧНИХ ВИДІВ СПОРТУ АЕРОБНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ РІЗНОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ

Олексій КАЛЕНІЧЕНКО, Євгенія ПОБИВАНЕЦЬ, Володимир КАЛЕНІЧЕНКО

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького*

**Анотація.** Проведені дослідження артеріального тиску, серцевого викиду, варіабельності серцевого ритму у 15 спортсменів високої кваліфікації, 15 спортсменів низької кваліфікації та 55 нетренованих осіб у спокої, при ортопробі та фізичному навантаженні. З'ясовано, що при цьому спортсмени низької кваліфікації мали вищий рівень судинного опору. При ортопробі та фізичному навантаженні у спортсменів низької кваліфікації та нетренованих порівняно зі спортсменами високої кваліфікації виявляється більше зниження варіабельності серцевого ритму та підвищення індексу напруження регуляторних систем.

**Ключові слова:** центральна гемодинаміка, варіабельність серцевого ритму, фізичне навантаження.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.** Діяльність серцево-судинної системи (ССС) багато в чому визначає стан здоров'я та рівень працездатності людини [2]. Разом з цим особливості її функціонування у спокої та при різних навантаженнях є індикатором стану регуляторних механізмів у організмі в цілому [7].

Проведені систематичні дослідження впливу регулярних фізичних навантажень аеробної спрямованості на працездатність та адаптаційні можливості студентів [6]. З'ясовані особливості пристосувальних змін гемодинамічної функції серця при таких навантаженнях у висококваліфікованих спортсменів, тренувальний процес котрих спрямований переважно на розвиток витривалості, спритності та швидко-силових здібностей [3, 8]. Останнім часом все більше уваги приділяється вивченню особливостей варіабельності серцевого ритму (ВСР), що відображає стан регуляторних впливів на серце у спортсменів різної спеціалізації [9] в різноманітних умовах [10].

Водночас є мало досліджень з вивчення змін у серцево-судинній системі спортсменів різної кваліфікації. Виконання таких досліджень, по-перше, дозволить визначити спрямованість та механізми пристосування серцевої діяльності до навантажень на різних етапах тренування спортсменів, по-друге – встановити значення норм функціонування ССС у спокої та при навантаженнях для формування критеріїв оцінювання функціонального стану організму, наявності передпатологічних станів.

**Мета дослідження** – визначити особливості функціонування серцево-судинної системи у спортсменів різної кваліфікації, які в тренувальному процесі переважно розвивають витривалість.

**Завдання:** дослідити основні параметри гемодинамічної функції серця та особливості коливань тривалості інтервалу R-R та їх структури у спортсменів різної кваліфікації у спокої і при різних навантаженнях.

**Методи дослідження.** Параметри варіабельності серцевого ритму визначали за допомогою електрокардіографії, значення серцевого викиду – шляхом використання трансторакальної тетраполярної імпульсної реоплетизмографії.

**Організація дослідження.** У вимірюваннях взяли участь 85 здорових молодих чоловіків віком 18 – 23 роки (30 спортсменів, що спеціалізувалися у видах спорту аеробної спрямованості, серед яких 15 – високої кваліфікації (КМС та МС) та 15 – низької кваліфікації).

3 та 2 спортивні розряди), та 55 нетренованих). Усі вимірювання на спортсменів були зроблені у підготовчому періоді річного циклу тренувань.

Зранку (від 8 до 11 години) після 15-хвилинного відпочинку лежачи були здійснені 5-хвилинні реєстрації електрокардіограми, диференціальної реоплетизмограми грудної клітки за допомогою біопідсилювача РА-5-01 (НДІ радіовиміральної апаратури, Київ, Україна). Сигнали цифровували через АЦП ADC-1280 (Holit Data Systems, Kiev, Ukraine) та записували на вінчестер комп'ютера, а потім аналізували за допомогою програми Bioscan [5]. Такі записи здійснювали і при ортопробі (7 хвилин), фізичному навантаженні (5 хвилин) потужністю 1 Вт на 1 кг ваги, котре виконувалося на велоергометрі TX-1 (HKS, Germany). Артеріальний тиск вимірювали тонометром Короткова. Середній артеріальний тиск (АТ<sub>сер</sub>) розраховували за формулою Хікема. Систолічний об'єм крові розраховували за сигналами диференційованої імпульсної реограми зі всіх реалізацій упродовж 5 хвилин [4]. Для розрахунку серцевого індексу (СІ) знаходили площу тіла за формулою Дю Буа. Для розрахунку загального периферійного опору (ЗПОС) застосовували формулу Пуазейля зі змінами відповідно до судинної системи [4].

Статистичний та спектральний аналіз кардіоінтервалограм здійснювали у програмі "CASPICO" [1]. При цьому визначали такі характеристики: М (мс) – середнє значення R-R інтервалів; SDNN (мс) – середньоквадратичне відхилення тривалості кардіоінтервалів; ІN (ум. од.) – індекс напруження регуляторних систем, HF (0,15-0,4 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні високих частот. Відображає насамперед рівень дихальної синусової аритмії та парасимпатичні впливи на серцевий ритм. LF (0,04-0,15 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні низьких частот (повільні хвилі 1-го порядку або вазомоторні хвилі). Відображає активність підкіркового судинного центру. VLF (0-0,04 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні дуже низьких частот (повільні хвилі 2-го порядку).

Вірогідність різниць між показниками центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму у різних групах проводили за t-критерієм Стьюдента у електронних таблицях Excel-97.

**Результати дослідження.** Для комплексного оцінювання особливостей ССС у спортсменів традиційно використовують показники центральної гемодинаміки, що характеризують роботу серця та периферичний опір судин.

З таблиці 1 видно, що середні значення показників кровообігу знаходяться в межах норм, які описали автори [3, 6, 8], особливо в групі осіб, що не займаються спортом. Водночас статистичний аналіз досліджуваних характеристик свідчить про те, що існують суттєві відмінності між деякими показниками у спортсменів та осіб, які не займаються спортом.

Так, в стані спокою лежачи у осіб, які не займаються спортом (3 група), виявлено найбільший СІ, а у спортсменів низької кваліфікації (2 група) – найнижчий. Відмінностей за вказаним показником між спортсменами не виявлено. Такі результати спостерігаються і за значення АТ<sub>сер</sub>, яке у спортсменів було вірогідно вищим, ніж у нетренованих. Виняток становить лише значення ЗПОС, яке у спортсменів 2 групи було достовірно вищим, ніж у спортсменів високої кваліфікації (1 група) та осіб 3 групи.

Щодо показників ВСР, то і тут відмінності спостерігаються лише між спортсменами та особами 3 групи. Так, спортсмени 1 та 2 групи мали вищу загальну варіабельність серцевого ритму та менше напруження регуляторних систем. Слід відмітити, що у спортсменів 1 групи порівняно із спортсменами 2 групи спостерігається тенденція до збільшення значення SDNN, що, напевно, обумовлено більшою потужністю коливань серцевого ритму в усіх трьох стандартних діапазонах (VLF, LF, HF). Як відомо, більша варіативність масиву кардіоінтервалів є позитивною прогностичною ознакою підвищення пристосувальних можливостей організму та вказує на економну діяльність ССС.

Для точнішого повнішого оцінювання адаптаційно-компенсаторних механізмів регуляції ССС дослідження проводилися не тільки в стані спокою, але й з використанням різних функціональних проб, у тому числі й ортостатичної.

При переході тіла з горизонтального у вертикальне положення (табл. 2) (ортопроба) закономірно відбувається збільшення АТ<sub>сер</sub>, ЗПОС та зменшення СІ. Напевно, це

пояснюється тим, що внаслідок зменшення надходження крові до правих відділів серця знижується центральний об'єм крові. Відбувається активація симпатичної нервової системи та зменшення парасимпатичного тону. При цьому фоніві відмінності між представниками різних груп зберігаються.

Таблиця

**Показники центральної гемодинаміки та ВСР у стані спокою лежачи у спортсменів різної кваліфікації та у осіб контрольної групи**

Показники	I група (n=15)	II група (n=15)	III група (n=55)
CI (мл/м <sup>2</sup> *хв)	2504±175	2238±139	2693±83,6*
АТ <sub>сер</sub> (мм рт. ст.)	96,8±1,9*	96,3±1,2	91,4±0,8*
ЗПОС (дін*с*см <sup>-5</sup> )	1647±103	1925±116*	1516±40*
М (мс)	1030±50,3*	1061±48,9	881±16,5*
IN (у.о.)	48,3±10,2*	44,6±9,4	63,1±5,1*
SDNN (мс)	78,0±9,1*	73,3±7,9	58,2±3,2*
VLF (мс <sup>2</sup> )	1586±503	1669±372	988±133
LF (мс <sup>2</sup> )	2565±812	1642±538	1010±104
HF (мс <sup>2</sup> )	3066±1244	2385±703	1552±233

*Примітка.* I – спортсмени високої кваліфікації, II – спортсмени низької кваліфікації, III – особи контрольної групи. \* – p<0,05 достовірність різниць між значеннями I групи та III групи, II групи та I групи, III групи та II групи.

Таблиця

**Показники центральної гемодинаміки та ВСР у положенні стоячи (ортопроба) у спортсменів різної кваліфікації та у осіб контрольної групи**

Показники	I група (n=15)	II група (n=15)	III група (n=55)
CI (мл/м <sup>2</sup> *хв)	1871±104	1656±80	2451±246*
АТ <sub>сер</sub> (мм рт. ст.)	102±1,6*	99,4±1,1	96,7±1,1
ЗПОС (дін*с*см <sup>-5</sup> )	2275±121	2642±119*	2088±79*
М (мс)	896±38*	878±34	681±15*
IN (у.о.)	72,3±16,8*	76,1±12,7	159,1±20,0*
SDNN (мс)	66,6±7,6*	62,0±5,0	45,2±2,0*
VLF (мс <sup>2</sup> )	1596±339*	1488±271	837±88,7*
LF (мс <sup>2</sup> )	2172±459*	3197±419*	1013±107*
HF (мс <sup>2</sup> )	992±134*	633±179*	326±48*

*Примітка.* I – спортсмени високої кваліфікації, II – спортсмени низької кваліфікації, III – особи контрольної групи. \* – p<0,05 достовірність різниць між значеннями I групи та III групи, II групи та I групи, III групи та II групи.

Знову ж таки у спортсменів низької кваліфікації відмічається найвище значення ЗПОС, яке становило у них  $2642 \pm 119$  дін\*с\*см<sup>-5</sup>. Цілком можливо, що більший судинний тонус у спортсменів 2 групи може бути своєрідною “ціною” адаптації до такого роду навантажень на початкових етапах тренування.

Цікавим також було і те, що спортсмени обох груп мали вірогідно більші значення M, SDNN, VLF, LF, HF, ніж чоловіки контрольної групи. Це є свідченням того, що спортсмени мають більшу ВСР та менше напруження регуляторних механізмів, ніж нетреновані, у яких відмічається підсилення симпатичної регуляції. В той же час, слід відмітити, що високий рівень ВСР у спортсменів обох груп досягається за рахунок різних механізмів. У осіб 1 групи за рахунок парасимпатичної активності (дихальні хвили), а у осіб 2 групи – симпатичної активності ВНС.

Виконання фізичного навантаження викликало в осіб трьох груп прискорення серцебиття та зменшення ВСР в зв'язку з переважанням симпатичного тону ВНС у регуляції серцевого ритму (табл. 3). Водночас слід відмітити, що у спортсменів 1 та 2 груп укорочення привалості кардіоінтервалу відбувалося менше, ніж у осіб, що не займаються спортом та становили у них відповідно  $654 \pm 17$ ,  $651 \pm 22$  та  $570 \pm 6,5$  мс. ЗПОС знову ж таки був найбільшим у спортсменів низької кваліфікації, ніж у осіб інших груп. Важливим також було і те, що у спортсменів 2 групи на тлі майже однакових із спортсменами 1 групи значень спектрального аналізу виявляється досить високий ІН. Це свідчить про те, що саме у цих спортсменів відбувається більша активація центрального контуру регуляції серцевого ритму. Підтвердженням останнього є і те, що у осіб 2 групи, хоча і не достовірно, але ж таки відбувається деяке зменшення SDNN порівняно із особами 1 групи.

Таблиця 3

**Показники центральної гемодинаміки та ВСР  
під час виконання фізичного навантаження на велоергометрі  
у спортсменів різної кваліфікації та у осіб контрольної групи**

Показники	I група (n=15)	II група (n=15)	III група (n=55)
CI (мл/м <sup>2</sup> *хв)	3557±414	2734±136	3521±95*
АГ <sub>ср</sub> (мм рт. ст.)	107±1,2**	107±1,7	100±0,9*
ЗПОС (дін*с*см <sup>-5</sup> )	1309±147	1854±99*	1295±51*
M (мс)	654±17*	651±22	570±6,5*
IN (у.о.)	172±20,8**	299±52,8*	419±40,8*
SDNN (мс)	37,4±2,4*	31,4±3,6	26,8±1,5*
VLF (мс <sup>2</sup> )	356±57,0	226±46,5	220±20,7*
LF (мс <sup>2</sup> )	575±103	526±161	288±53
HF (мс <sup>2</sup> )	294±55*	302±83	260±50*

*Примітка.* I – спортсмени високої кваліфікації, II – спортсмени низької кваліфікації, III – особи контрольної групи. \* –  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$  достовірність різниць між значеннями I групи та III групи, II групи та I групи, III групи та II групи.

**Висновки**

1. Спортсмени низької кваліфікації як у стані спокою, так і під впливом різних функціональних проб мають підвищений рівень периферичного опору судин.

2. Під впливом ортостатичної проби високий рівень варіабельності серцевого ритму у спортсменів досягається за рахунок різних механізмів. У спортсменів низької кваліфікації – більше за рахунок симпатичної активності, а у спортсменів високої кваліфікації – парасимпатичної активності ВНС.

3. Виконання фізичного навантаження призвело до зниження варіабельності серцевого ритму в усіх обстежуваних, однак у групі спортсменів високої кваліфікації таке зменшення було меншим.

### Список літератури

1. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання ("Caspico") : а. с. № 11262. Україна / С. О. Коваленко, М. Е. Яковлев (Україна) // Авторське право і суміжні права. – 2005. – № 6. – С. 338.
2. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 70 – 82.
3. Дембо А. Г. Спортивная кардиология : Руководство для врачей / А. Г. Дембо, Э. В. Земцовский. – Л. : Медицина, 1989. – 464 с., ил.
4. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы : справ. под ред. Т. С. Виноградовой – М. : Медицина. – 1986. – 416 с.
5. Коваленко С. А. Программная система определения показателей кардиодинамики в различных фазах дыхательного цикла / С. А. Коваленко, А. Е. Кушниренко // Кибернетика и вычислительная техника. – 1999. – Вып. 124. – С. 92 – 98.
6. Маліков М. В. Регіональні особливості адаптивних можливостей серцево-судинної системи різних груп населення : дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.13 / М. В. Маліков. – Запоріжжя, 2003. – 411 с.
7. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца : опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.
8. Яценко А. Г. Адаптація серцево-судинної системи спортсмена до тренувальних і змагальних навантажень // Фізичне виховання і спорт у сучасних умовах : матеріали наук-практ. конф. – Черкаси : Черкаський національний університет, 2004. – 268 с.
9. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers / Atlaoui D., Pichot V., Lacoste L., Barale F., Lacour J. R., Chatard J. C. // J. Sport med. – 2007. – № 28 (5). – P. 394 – 400.
10. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional souclists during Tour Spain / Earnest C. P., Jurca R., Church T. S., Chicharro J. L., Hayes J., Lusa A. // British J. Sport. Med. – 2004. – Vol. 38. – P. 568 – 575.

## ЦЕНТРАЛЬНАЯ ГЕМОДИНАМИКА И ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА АЕРОБНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Алексей КАЛЕНИЧЕНКО, Евгения ПОБИВАНЕЦ, Владимир КАЛЕНИЧЕНКО

*Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого*

**Аннотация.** Проведены измерения артериального давления, сердечного выброса, вариабельности сердечного ритма у 15 спортсменов высокой квалификации, 15 спортсменов низкой квалификации и 55 неспортсменов в покое, при ортопробе и физической нагрузке. Выяснено, что при этом спортсмены низкой квалификации имели более высокий уровень со-

системного опору. При ортопробі і фізичній навантаженні у спортсменів низької кваліфікації і неспортсменів порівняно зі спортсменами високої кваліфікації виявляється більше зниження варіабельності серцевого ритму і підвищення індексу напруження регуляторних систем.

**Ключевые слова:** центральна гемодинаміка, варіабельність серцевого ритму, фізична навантаження.

**CENTRAL HAEMODYNAMICS  
AND VARIABILITY OF HEART RHYTHM  
AMONG THE SPORTSMEN OF CYCLIC SPORTS  
WITH AEROBIC DIRECTION OF VARIOUS QUALIFICATIONS**

**Olexiy KALENICHENKO, Evgeniya POBYVANETS, Volodymyr KALENICHENKO**

*Cherkasy V. Khmelnytsky National University*

**Annotation.** Blood pressure, heart stroke, heart rhythm variability were measured at 15 sportsmen of high qualification, 15 sportsmen of low qualification and 55 non-sportsmen at rest, with tilt test and physical loading. The sportsmen of low qualification were found to have higher level of vascular resistance. Higher decreasing of heart rhythm variability and increasing of index for regulatory system strain were found among the sportsmen of low qualification and non-sportsmen with tilt test and physical loading if compared with the sportsmen of high qualification.

**Key words:** central haemodynamics, heart rhythm variability, physical loadings.