

## ХРОНОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ У СПОРТСМЕНІВ В ПРОЦЕСІ РІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

Юрій ПОЛАТАЙКО

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника*

**Анотація.** У статті розглянуто хронофізіологічні особливості варіабельності серцевого ритму спортсменів, які займаються циклічними видами спорту впродовж річного тренування. Порівняльний аналіз варіабельності серцевого ритму показав різний рівень напруження регуляторних механізмів діореспіраторної системи, що визначає особливості адаптивних реакцій у річному циклі тренування плавців – помірне напруження, в контрольній групі спостерігалось сильніше напруження.

**Ключові слова:** хронофізіологія, варіабельність серцевого ритму, кардіореспіраторна система

**Постановка проблеми.** Підвищення рівня функціонування організму і його стійкості є характерні для фізичного навантаження і вимагає участі центральних механізмів регуляції в роботі автономного контуру регуляції, яким є серцево-судинна система. Тобто адаптивне урівноваження організму з середовищем відбувається за рахунок зростання напруженості процесів регуляції. Звідси висновок – ефективність керівних систем при адаптації до малих навантажень можна оцінити за мірою напруження регуляторних механізмів. Ступінь їх напруження може бути характеристикою „ціни” адаптації, а новий рівень функціонування системи – це вже її результат адаптації [7].

Вимірювання середньої частоти скорочень серця (ЧСС) не дозволяє оцінити стан окремих ланок системи вегетативної регуляції організму. Статистичний аналіз з елементами стохастичного підходу виявляє закон розподілу випадкового процесу, яким є ритм серця і дозволяє охарактеризувати його кількісно з різних сторін [2, 4, 5, 8]. Математичне забезпечення методів дослідження спрямоване на отримання міри мінливості ритму серця при різних фізіологічних станах організму. Суттю цього методу є те, що синусний вузол серця розглядають тільки як центр автоматики першого порядку, але й як індикатор вищих рівнів управління. Результаті такого підходу відкривається шлях до оцінювання адаптаційно-компенсаторних реакцій організму за даними аналізу ритму серця. Тому виявлення найбільш інформативних індикаторів функціонального стану й адаптивних процесів спортсменів є актуальним.

**Мета** – вивчити хронофізіологічні особливості варіабельності серцевого ритму спортсменів при заняттях циклічними видами спорту під час річної підготовки.

**Матеріали і методи дослідження.** Для вирішення поставленої мети проведено три серії хронофізіологічних досліджень за участю 158 осіб віком 18 – 24 років. У 1-й серії дослідження брали участь 56 спортсменів-плавців на короткі та середні дистанції (60 м, 100 м, 400 м) із високим рівнем спортивної кваліфікації (КМС – МС) зі спортивним стажем 5 – 8 років. У 2-й серії обстежено 49 спортсменів-бігунів на короткі і середні дистанції (100 м, 400 м, 800 м) із високим рівнем спортивної кваліфікації (КМС-МС) і спортивним стажем 5 – 8 років.

Обстеження спортсменів у межах річного макроциклу спортивної підготовки проводилося 4 етапами: 1-й етап – перехідний період (вересень – жовтень); 2-й етап – початок підготовчого періоду (грудень – січень); 3-й етап – кінець підготовчого періоду (березень – травень); 4-й етап – початок змагального періоду (травень – червень). Як відомо, від раціональної побудови тренувального процесу в підготовчому періоді залежить результат виступу спортсмена на відповідальних змаганнях сезону. У 3-й серії дослідження брали участь 52 люди, які не займаються спортом, пройшли медичне обстеження і визнані практично здоровими (контроль). Обстеження нетренованих осіб проводилося у ті самі часові періоди року, і

спортсменів. Для оцінювання процесів вегетативної регуляції серцевої діяльності в обстежуваних використовували математичний метод аналізу варіабельності серцевого ритму в спокої та активній ортостатичній пробі. Метод варіаційної пульсометрії дозволяє реєструвати зрушені нейрогуморальної рівноваги, ступінь участі симпатичної і парасимпатичної, нервової і гуморальної ланок у регуляції ритму серцевих скорочень, ступінь централізації його управління. Характер регуляції має індивідуальні особливості та залежить від віку, статі, тренувальності організму, сили і характеру зовнішнього впливу [10, 11].

Обчислювали такі показники: мода ( $M_0$ , с); амплітуда моди ( $AM_0$  %), варіаційний розмах динамічного ряду R-R інтервалів ( $\Delta X$ , с), індекс напруження (ІН, ум. од.); індекс вегетативної рівноваги (ІВР, ум. од.); вегетативний показник ритму (ВІР, ум. од.); показник процесу регуляції (ПАІРП, ум. од.); дихальні хвилі ( $DX$ ,  $mc^2$ ); повільні хвилі 1-го порядку ( $PX_1$ ,  $mc^2$ ), 2-го порядку ( $PX_2$ ,  $mc^2$ ) та індекс централізації (ІЦ, ум. од.).

**Результати дослідження.** Порівняльний аналіз характеристик математичного аналізу варіабельності серцевого ритму у всіх обстежених у спокої показав, що максимальні значення  $\Delta X$  припадають на початок змагань, а  $AM_0$ , ІН, ІВР, ПАІРП і ВІР – на початок підготовчого періоду. У спортсменів упродовж року достовірно вище значення  $M_0$  і  $\Delta X$ , а у осіб, що займаються спортом, –  $AM_0$ , ІН, ІВР, ПАІРП і ВІР ( $p < 0,001$ ). У плавців значення  $M_0$  і  $\Delta X$  вище, ніж у легкоатлетів, а значення  $AM_0$ , ІН, ІВР, ПАІРП і ВІР вище у легкоатлетів, ніж у плавців ( $p < 0,05$ ). Зростання  $\Delta X$  у плавців упродовж року розглядається як зміщення вегетативного балансу в бік підвищення активності парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи (ВНП) і як стабілізацію регуляторних процесів.

$\Delta X$  відображає діапазон коливань кардіоінтервалів і ступінь активності автономного контуру регуляції серцевого ритму, характеризує тонічні парасимпатичні впливи на синусний вузол, оскільки вплив блукальних нервів на дихальні зміни добового ритму звичайно переважає над недихальними, обумовленими активністю підкіркових центрів [11]. На величині  $\Delta X$  відображаються співвідношення активності центральних і автономних механізмів регуляції. У плавців виявлена сильніша ваготонія (особливо на 4-му етапі) і вираженість  $DX$  та дихальних хвиль (особливо на 2-му етапі), що говорить про більшу активність автономного контуру регуляції із зрушенням у парасимпатичну сторону впродовж року порівняно з легкоатлетами і легкоатлетками. При цьому у них встановлені нижчі значення ВІР і ПАІРП порівняно з іншими видами спорту ( $p < 0,05$ ).

Аналіз показав, що середньорічні значення ІН у спортсменів знаходяться в межах 45 – 55 ум. од., тому виявлені особливості дозволяють визнати наявність у них ваготонічного типу регуляції, також спостерігається оптимальна взаємодія регуляторних механізмів. Це, а також наявність і розвиток гіперфункції та гіпертрофії (особливо лівого шлуночка) пов'язано з потребою й економізацією вегетативних функцій у спортсменів [1]. Точніше визначити особливості вегетативної регуляції і характер вегетативного дисбалансу дозволяє спектральний аналіз варіабельності серцевого ритму з оцінюванням його частотних характеристик [10]. Спектральний аналіз серцевого ритму показав, що у плавців у спокої переважають дихальні хвилі, а в легкоатлетів переважають у них вищу активність вагусної регуляції ритму серця порівняно з легкоатлетками і контрольною групою.

За Р. М. Баєвським, спад дихального компонента потужності спектра говорить про перевагу ерготропної ланки вегетативного регулювання синусового вузла серця.

Потужність спектра  $PX_1$  розглядається як прямий критерій вазомоторних хвиль (сучасної теорії) і барорефлекторних процесів. Вазомоторний центр разом з інгібіторним і симпатичними центрами є частиною модуляторного серцево-судинного регуляторного центру [6]. Тому потужність  $PX_1$  визначає активність вазомоторного центру. Аналіз серцевих даних показав, що найвищі значення потужності спектра  $PX_1$  спостерігаються у спортсменів контрольної групи і навесні, що говорить про сильний симпатичний вплив на серцевий ритм. У легкоатлетів значення потужності спектра  $PX_1$  вище, ніж у плавців. Найнижчі значення потужності спектра  $PX_1$  у легкоатлетів були наприкінці підготовчого періоду, а у плавців – на початку змагального.

Потужність спектра  $PX_2$  відображає ступінь активації церебральних симпатoadресних (ерготропних) систем, а зниження – активності ренін-ангіотензинальдостеронової системи [10]. Ці хвилі пов'язані з коливаннями АТ та іншими повільними процесами в організмі: гуморально-метаболическими, філогенетичними низькими, нездатними швидко забезпечувати гомеостаз. Найвищі значення потужності спектра  $PX_2$  спостерігаються у плавців на початку змагального періоду. Це говорить про сильний вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр в обстежуваних у цей період підготовки. Домінування потужності спектра  $PX_2$  є чутливим індикатором управління метаболічними процесами і добре відображає енергодефіцитні стани. Якщо параметри спектру  $PX_2$  характеризують вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр, вони можуть використовуватися як надійний маркер ступеня зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровотоку з надсегментарними, в тому числі з гіпофізарно-гіпоталамічними і кірковими рівнями. Активність центрального контуру регуляції виявляється посиленням потужності спектра повільних хвиль серцевого ритму в обстежуваних групи контролю порівняно із спортсменами, що виявляється в достовірному підвищенні ІЦ ( $p < 0,001$ ).

Для спортсменів високого класу, особливо плавців, у спокої характерною особливістю є переважання парасимпатичного відділу ВНС в регуляції ритму серця і гуморальний вплив центральної стимуляції порівняно з контрольною групою. Взимку в обстежуваних спортсменів зростає напруження механізмів центральної регуляції, тобто достовірно підвищуються значення ІН. Однак стан регуляторних механізмів управління кардіоритмом у спокої у спортсменів дозволяє констатувати високий ступінь економії вегетативних реакцій, що є підсумком тренувальних впливів у процесі річного циклу підготовки.

Ортостатична проба є одним з інформативних методів виявлення прихованих зв'язків серцево-судинної системи і механізмів її регуляції [3]. Особливий інтерес становить застосування ортостатичного тестування у спортсменів циклічних видів спорту, оскільки важливим показником є висока інформативність методу; проведення цієї проби допомагає оцінити особливості регуляції серця при тренуваннях у процесі річного циклу підготовки кваліфікованих спортсменів і для прогнозування готовності до змагальної діяльності.

У видах спорту з циклічною структурою рухів, що вимагають високого рівня витривалості, головним чинником обмеження спеціальної працездатності є адаптаційна реакція серцево-судинної системи спортсмена, тому частіше за інші використовуються методи вивчення серцевого ритму в спокої і при функціональних пробах, особливо активній ортостатичній пробі [9]. Результати статистичного аналізу показників варіабельності серцевого ритму у спортсменів при виконанні активної ортостатичної проби наведені в табл. 1. У обстежуваних реакція механізмів управління серцевим ритмом при ортопробі виявляється посилення впливу симпатичного відділу вегетативної нервової системи, особливо на початку підготовки у спортсменів і навесні у тих, хто не займається спортом. Порівняльний аналіз змін ЧСС при ортопробі показав, що в обстежуваних контрольної групи було спостереження зростання ЧСС у весняний період ( $p < 0,001$ ), а у спортсменів – зимовий (рис. 1). При порівнянні зростання ЧСС у плавців упродовж року достовірно вище, ніж у легкоатлетів ( $p < 0,05$ ).

Аналіз серцевого ритму при ортопробі показав, що у всіх обстежуваних спортсменів зменшення абсолютних значень в  $\Delta X$  і зростання АМо, ВПР, ІВР, ПАІР і ІН, особливо у контрольній групі, що пов'язано з високою активністю у них вищих вегетативних центрів.

Найвище зростання ІН спостерігалось в групі контролю в зимовий період ( $p < 0,001$ ). Величина ІН при цьому свідчить про перенапруження регуляторних механізмів зростання ІВР і ВПР говорять про значне переважання впливу симпатичної ланки в регуляції серцевого ритму в обстежуваних контрольної групи. Спостерігається стан гіперкоотонії і перенапруження центральних механізмів управління в цій групі. Найвищі значення парасимпатикотонії підтверджують і вищі значення ПАІР у них. Приріст ІН у плавців достовірно вищий тільки впродовж перших трьох періодів підготовки, а у легкоатлетів – на початку змагального періоду ( $p < 0,05$ ).

Таблиця 1

**Динаміка показників варіаційної пульсометрії  
у досліджуваних при активній ортопробі (M±m)**

Показники	Групи	Етапи річного циклу підготовки			
		осінь, 1-й етап	зима, 2-й етап	весна, 3-й етап	літо, 4-й етап
Mo, с	1	0,750±0,011	0,681±0,008	0,782±0,011	0,862±0,009
	2	0,715±0,008	0,652±0,007	0,736±0,009	0,833±0,008
	3	0,615±0,009	0,590±0,006	0,609±0,007	0,675±0,009
ΔR-R, с	1	0,262±0,004	0,207±0,002	0,217±0,004	0,271±0,010
	2	0,249±0,005	0,201±0,004	0,236±0,006	0,269±0,009
	3	0,198±0,006	0,182±0,003	0,196±0,004	0,229±0,008
AMo, %	1	35,4±1,1	39,8±1,2	36,2±1,1	30,3±0,9
	2	38,6±1,5	43,8±1,1	38,9±1,2	36,4±1,1
	3	43,6±1,1	54,8±1,5	48,2±1,3	41,5±1,1
E, ум. од.	1	93,7±2,7	127,9±3,8	99,4±3,1	69,7±2,3
	2	108,6±3,1	159,5±4,7	112,2±3,3	77,2±2,8
	3	172,0±5,8	255,1±7,1	194,7±6,7	129,2±4,5
IBP, ум. од.	1	145,8±2,4	219,2±3,9	193,1±5,7	121,4±2,8
	2	151,0±3,9	208,0±4,4	165,4±4,9	136,6±3,7
	3	220,2±5,9	284,6±7,5	249,3±5,3	176,9±4,6
ПАПР, ум. од.	1	47,1±1,7	60,3±1,8	49,2±1,6	36,1±1,1
	2	54,6±1,2	67,2±1,7	52,9±1,4	40,1±1,2
	3	68,1±1,4	92,9±3,3	76,7±2,4	59,2±1,3
ВІР, ум. од.	1	5,26±0,15	7,24±0,17	6,07±0,16	4,45±0,18
	2	5,62±0,19	7,63±0,22	5,76±0,18	4,30±0,16
	3	7,89±0,25	9,15±0,49	8,23±0,97	6,23±0,47
IV, мс <sup>2</sup>	1	1,51±0,10	1,12±0,08	1,21±0,18	2,58±0,42
	2	1,12±0,08	0,98±0,07	1,01±0,08	2,86±0,27
	3	0,27±0,01	0,31±0,01	1,33±0,06	0,91±0,04
IV <sub>1</sub> , мс <sup>2</sup>	1	1,89±0,12	2,25±0,31	2,44±0,34	2,76±0,45
	2	1,93±0,15	2,03±0,19	2,11±0,17	2,43±0,31
	3	2,49±0,18	2,97±0,26	3,53±0,29	2,18±0,24
IV <sub>2</sub> , мс <sup>2</sup>	1	1,35±0,06	1,43±0,09	1,88±0,08	2,38±0,42
	2	1,89±0,08	1,68±0,11	2,37±0,12	2,16±0,25
	3	0,82±0,03	1,38±0,08	1,02±0,04	1,08±0,08
IV <sub>3</sub> , %	1	31,8±1,6	23,3±1,4	17,2±1,2	11,8±0,9
	2	22,7±1,3	20,9±1,3	18,7±1,3	15,9±1,1
	3	7,5±0,6	6,7±0,5	9,3±0,7	6,5±0,5
IV <sub>4</sub> , %	1	39,8±2,4	46,9±2,7	46,8±2,8	47,5±2,9
	2	39,0±2,6	43,3±3,2	38,3±2,6	44,5±3,1
	3	69,6±4,1	63,7±3,7	70,3±3,3	62,5±3,5
IV <sub>5</sub> , %	1	28,4±1,5	29,8±1,4	36,0±1,7	40,8±2,3
	2	38,2±1,8	35,8±2,3	43,0±2,1	39,6±1,9
	3	22,9±1,3	29,6±1,8	20,3±1,6	31,0±1,8
IV <sub>6</sub> , мс	1	2,14±0,11	3,29±0,17	4,83±0,43	7,48±0,97
	2	3,40±0,63	3,79±0,75	4,34±0,69	5,29±0,88
	3	12,35±1,35	13,94±1,65	9,72±1,41	14,29±1,73

Безпечина ІН, що відображає ступінь напруження центральних регуляторних механізмів серцевого ритму в групі спортсменів упродовж року виходила за умовні межі норми і знаходилася в зоні адаптації [3]. Виявлені низькі значення ВІР, ІВР і ПАПР на початку змагань можуть бути обумовлені тим, що активація вищих рівнів управління гальмує вегетативну реакцію на ортопробу. Завдяки підвищеній активності вищих вегетативних центрів у них спостерігається відносно нижча судинна реактивність.

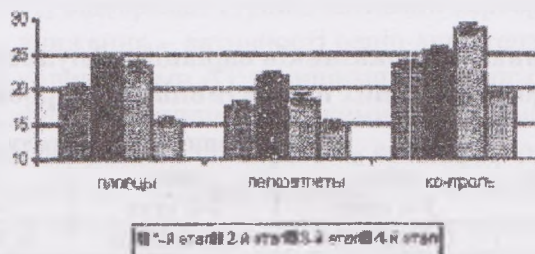


Рис. 1. Динаміка приросту ЧСС у спортсменів при активній ортостатичній пробі в річному циклі підготовки

Спектральний аналіз серцевого ритму при ортопробі показав, що у всіх обстежуваних спостерігається зменшення значень потужності спектру дихальних хвиль і збільшення  $PX_1$ ,  $PX_2$ . При цьому спостерігалися вищі значення потужності спектра  $PX_1$  обстежуваних порівняно з контрольною групою, а потужності спектру  $PX_2$  – у легкоатлетів порівняно з плавцями на початку змагань. Це говорить про сильніший вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр у обстежуваних у літній період.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Порівняльний аналіз варіаційної пульсометрії виявив різний ступінь напруження механізмів регуляції серцево-судинної системи у обстежуваних, що вказує на особливості перебігу адаптивних реакцій у річному циклі тренування. Стан легкоатлетів характеризувався оптимальним функціональним напруженням регуляторних систем, у плавців було виявлено помірне напруження системи регуляції, а в контролі – сильніше функціональне напруження. Особи, що не займаються спортом, випрошують сильніше напруження регуляторних систем організму впродовж року, особливо це виявляється взимку, що може бути обумовлено не тільки хронобіологічним чинником, але і фізіологічними особливостями організму людини.

### Список літератури

1. Амосов Н. М. Физическая активность и сердце. / Н. М. Амосов, А. Я. Бендер. – М.: Здоров'я, 1989.
2. Баевский Р. М. и др. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. / Р. М. Баевский [и др.] – М.: Наука, 1984.
3. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997.
4. Баевский Р. М. // Физиол. человека. – 2002. – № 1. – С. 55.
5. Бальсевич В. К. // Теория и практика физической культуры – 1999. – № 3. – С. 21-40.
6. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение / под ред. А. М. Вейсберга. – М.: МИА, 1998.
7. Мороз О. Использование частотного и фрактального методов исследования с целью определения состояния сердечно-сосудистой системы до и после соревнования. Деятельности в беге на 800 метров // Наука и спорт: взгляд в третье тысячелетие: сб. статей. – М.: Наука, 1999. – С. 35-38.
8. Радьш И. В. Временная организация физиологических систем у женщин при адаптации к различным факторам среды обитания: Дис. ... д-ра. мед. наук. – М., 1998.
9. Ритм сердца у спортсменов / под ред. Р. М. Баевского, Р. Е. Мотылянской. – М.: Физкультура и спорт, 1986.
10. Рябыкина Г. В. Вариабельность ритма сердца. / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев. – М.: Оверлей, 2001.
11. Шпак Л. В. Кардиоинтервалография и ее клиническое значение. – Тверь: Издательство, 2002.

## ХРОНОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ В ПРОЦЕССЕ ГОДИЧНОЙ ПОДГОТОВКИ

Юрий ПОЛАТАЙКО

*Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефанька*

**Аннотация.** В статье рассмотрены хронофизиологические особенности вариабельности сердечного ритма у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, в процессе годичной тренировки. Сравнительный анализ вариабельности сердечного ритма показал различный уровень напряжения регуляторных механизмов кардиореспираторной системы, а также особенности адаптивных реакций в годичном цикле тренировки. У пловцов — более сильное напряжение, в контрольной группе наблюдалось более сильное напряжение.

**Ключевые слова:** хронофизиология, вариабельность сердечного ритма, кардиореспираторная система.

## SPORTSMEN'S CHRONOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF THE HEART RATE VARIABILITY DURING ANNUAL TRAINING

Jurij POLATAYKO

*Precarpathian National Vasyl Stefanyk University*

**Annotation.** The article is devoted to study of sportsmen's chronophysiological features of heart rate variability engaged the cyclic kinds of sports during annual training. The carried out researches have shown, that the comparative analysis of the heart rate variability has revealed a various level of regulatory tension mechanisms of the cardiovascular system, that specifies feature of adaptive reactions in an annual cycle of training, in the swimmers — moderate tension: of the system and in control group -stronger functional tension was revealed.

**Key words:** chronophysiology, heart rate variability, cardiovascular system.