

Особливості змін варіабельності серцевого ритму у кваліфікованих спортсменок при адаптації до тренувальних навантажень з бігу на середні дистанції

удк 796.422.14 (043)

С. В. Калитка, О. В. Рода, В. Є. Лавринюк

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна

Резюме. Цель. Изучение динамики показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменок на протяжении менструального цикла.

Методы. В обследовании приняли участие 13 женщин (КМС, I и II разряда) в возрасте 17–24 лет, специализирующихся в беге на средние дистанции.

Результаты. Представлены сведения о динамике функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы спортсменок в течение менструального цикла. При анализе вариабельности сердечного ритма выявлено высокие показатели индекса напряжения по Баевскому в предменструальную фазу, снижение этого показателя в менструальную, постменструальную и овуляторную фазы и достоверно ниже – в постовуляторную ($p < 0,05$) фазу менструального цикла. Это указывает на снижение степени напряженности регуляторных систем и повышение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы спортсменок в эти фазы, по сравнению с предменструальной.

Выводы. Результаты взаимосвязи уровня проявления функциональных возможностей спортсменок и эффективности выполнения специфических нагрузок мезоцикла стали методологической основой разработки программ их тренировочной и соревновательной деятельности в микроциклах и мезоциклах спортивной подготовки.

Ключевые слова: спорт, вариабельность сердечного ритма, женщины, бег на средние дистанции, менструальный цикл.

Abstract. Aim. Study of the dynamics of variability indices of cardiac rhythm in sportswomen during MC.

Methods. Thirteen women (CMS, I and II categories) aged 17–24 and specialized in the middle-distance running took part in the examination, Results. The information about dynamics of functional possibilities of sportswomen's cardiovascular system (CVS) during the menstrual cycle is presented. The analysis of VCR, during which the highest indices of IT in the premenstrual phase were observed and their reduction in menstrual, postmenstrual and the ovulation phases and authentically in the postovulatory phase ($p < 0,05$) of MC shows the reduction of the degree of tension in the regulatory system and the rise of functional possibilities of sportswomen's CVS during these phases in comparison with premenstrual phase.

Conclusions. The results of association between the level of manifestation of athletes' functional capacities and efficiency of performance of specific loads of mesocycle have become methodological ground for development of the programs of their training and competitive activity during microcycles and mesocycles of preparation.

Keywords: sport, variability of cardiac rhythm, women, middle-distance running, menstrual cycle.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка функціонального стану організму, його адаптаційних резервів є одним із нагальних завдань підготовки спортсменів. Високий рівень функціонального стану слід розглядати як передумову високої фізичної працездатності, як потенційну здатність організму ефективно пристосовуватися до пропонованих

змагальних і тренувальних навантажень. У свою чергу, адаптація організму до фізичних навантажень може виступати як одна з важливих характеристик функціональних можливостей організму [1, 5, 7].

Стан серцево-судинної системи (ССС) як найважливішої ланки, що лімітує розвиток пристосувальних реакцій організму, одночасно може

служити індикатором адаптаційно-приспосувальних реакцій у відповідь на фізичне навантаження [1, 2, 3]. Інформацію про функціональний стан організму можна отримати, вивчаючи механізми регуляції ритму серцевих скорочень [2]. Зміни параметрів ритму серця відображають адаптаційні можливості регуляторних систем організму і динаміку їхнього розвитку. В даний час з'явилося багато робіт з вивчення варіабельності серцевого ритму (BCP) у спортсменів. Стан регуляторних систем і їхня здатність забезпечити оптимальну адаптацію організму до фізичного навантаження є визначальними в прогнозі тренуваності [1, 4, 7, 12].

Багатьма дослідниками доведено, що досягнення високих спортивних результатів нерозривно пов'язане з ефективністю тренувального процесу спортсменів, при цьому одним із найбільш важливих принципів є відповідність навантажень функціональному стану на даний момент часу, тобто поєднання фізичних тренувальних навантажень і періодів відпочинку спортсмена. Відомо, що одним з об'єктивних критеріїв оцінювання поточного функціонального стану і фізичної підготовленості спортсменів є фізіологічні показники, що відображають тонус симпатичної і парасимпатичної нервової системи людини, тобто вегетативної регуляції серцевої діяльності. Оптимально збалансована регуляція дозволяє спортсменові за наявності належного рівня мотивації максимально використовувати свої функціональні можливості, забезпечує необхідну економізацію функцій при роботі на витривалість і визначає фазу відновних процесів [1, 5, 7].

Як правило, порушення вегетативної регуляції ССС служить ранньою ознакою зриву адаптації організму до навантажень і призводить до зниження працездатності. Останніми роками під час оцінки функціонального стану спортсменів все більш популярним є аналіз BCP, або кардіоінтервалографії, що є простим, неінвазивним й інформативним методом дослідження вегетативної нервової системи. BCP є інтегральним показником функціонального стану ССС і організму в цілому. Низькі показники BCP, які спостерігаються при домінуванні симпатичного відділу вегетативної нервової системи, свідчать про недостатнє відновлення спортсменів після важких фізичних навантажень, перетренованості, інтоксикаціях та інших патоморфологічних станах [1–3, 7].

Відомо, що адаптаційні процеси в організмі жінок і чоловіків відрізняються. Це обумовлено однією з основних біологічних особливостей жіночого організму, пов'язаною з репродуктивною функцією, – циклічністю функцій гіпоталамо-

гіпофізарно-оваріально-адреналової системи і, як наслідок, всіх систем організму. Багатьма авторами було описано зміни загальної і спеціальної працездатності, функціональних можливостей, відновлення спортсменок після виконання навантажень у різні фази менструального циклу (МЦ). Результати досліджень залежності прояву функціональних можливостей та ефективності виконання специфічних навантажень від стану організму спортсменок у різні фази МЦ стали методологічною основою розробки їх тренувальних програм та змагальної діяльності в мезоциклах [4–6, 8, 9].

У сучасному спорті використання великих фізичних навантажень у поєднанні з іншими екогенними й ендогенними впливами є одним із найважливіших напрямів. Відомо, що ендогенні гормональні перебудови, які відбуваються протягом менструального циклу, впливають на самопочуття, функціональні можливості, працездатність і, як наслідок, на спортивний результат [4, 5, 10, 11, 13].

Ураховуючи те що в першій половині МЦ переважає тонус парасимпатичного відділу нервової системи, а в другій – посилюється тонус симпатичної ланки регуляції, очевидно, що ці зміни тону вегетативної нервової системи повинні впливати на механізми регуляції серцевого ритму спортсменок [4–6, 14, 15].

Мета дослідження: вивчення динаміки показників варіабельності серцевого ритму у спортсменок, які спеціалізуються з бігу на середній дистанції, упродовж МЦ.

Методи та організація дослідження. Для вивчення вегетативної регуляції серця використано показники спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму. Під час аналізу коротких (5-хвилинних) фрагментів кардіоритмограм прийнято виділяти три основних діапазони частот у спектрі коливань ритму серця: Very Low Frequency (VLF) – наднизькі (від 0,003 до 0,04 Гц), Low Frequency (LF) – низькі (від 0,04 до 0,15 Гц) і High Frequency (HF) – високі (від 0,2 до 0,4 Гц) частоти. Аналізували такі часові показники BCP, як ЧСС, максимальна тривалість N–N–інтервалів упродовж 5 хв ($R-R_{max}$), мінімальна тривалість N–N–інтервалів упродовж 5 хв ($R-R_{min}$), середня тривалість нормальних інтервалів R–R (RRNN); відношення K30/15, що характеризує реактивність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. Використовували такі показники кардіоінтервалографії: Мо (мода – значення R–R–інтервалу, що найбільш часто трапляються), АМо (амплітуда моди – відсоток кардіоінтервалів R–R, відповідний значенню моди). На їхній основі розраховуємо індекси, запропоновані Р. М. Баєвським:

ПАПР – показник адекватності процесів регуляції (ПАПР = A_{Mo}/M_o) та ІН – індекс напруження регуляторних систем ($ІН = A_{Mo}/2 \cdot B_{P} \cdot M_o$).

В обстеженні взяли участь 13 жінок (3 – КМС, 5 – I розряду, 5 – II розряду) віком 17–24 роки, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції.

Для визначення оптимальної побудови тренувальних навантажень у мезоциклах жінок, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, досліджено ВСР, який відображає функціональний стан ССС спортсменок у базовому мезоциклі планового тренувального процесу, що містив п'ять ударних мікроциклів зі значним навантаженням, які ідентичні за будовою. У перший, третій та п'ятий дні мікроциклу застосовано тренувальні засоби, які переважно розвивають швидкість (0,6 км) й анаеробно-аеробні (1,2–1,6 км) можливості. На другий, четвертий та шостий дні застосовано засоби для розвитку витривалості й аеробних можливостей (6–10 км), швидкості (0,6 км) та сили. Сьомий день відведено для відпочинку й відновлення та заплановано до проведення дослідження функціонального стану й працездатності. Отже, спортсменки виконували тренувальне навантаження, яке за обсягом залишалось незмінним, а за інтенсивністю відповідало їхнім функціональним можливостям. Таку структуру мезоциклу обрано для вивчення формування відставленого тренувального ефекту.

Результати дослідження та їх обговорення. Спектральний аналіз, який широко використовується як метод вивчення вегетативної регуляції серцевої діяльності, дав нам змогу виявити достовірні відмінності у функціональному стані ССС спортсменок протягом МЦ (табл. 1). Сумарна потужність спектра (ТР), яка відображає рівень активності регуляторних систем, найвища в менструальну (I), овуляторну (III) ($p < 0,05$) та постовуляторну (IV) ($p < 0,01$), нижча у постменструальну (II) і вірогідно нижча – у передменструальну (V) фази МЦ.

Проведені дослідження вкладу HF-, LF- і VLF-компонентів у сумарну потужність коливань ВСР спортсменок у різні фази МЦ засвідчили переважання HF-компонента вірогідно вище у постовуляторну фазу – 1902 (1261–2085) мс² ($p < 0,01$), 54,2 (48,5–64,1) % ($p < 0,05$), порівняно з передменструальною). У менструальну і постменструальну фази спостерігаємо поступове зниження HF-компонента. В овуляторну і передменструальну фази МЦ вплив HF-компонента значно знижується.

Простежено дуже високий ступінь позитивного взаємозв'язку між показниками ТР і HF у менструальну ($r_s = 0,94$), постменструальну

($r_s = 0,99$), постовуляторну ($r_s = 0,94$), передменструальну ($r_s = 0,93$) фази та високий ступінь взаємозв'язку в – овуляторну ($r_s = 0,88$).

Це вказує на те, що зростання ТР відбувається за рахунок значного зростання HF-компонента у менструальну, постменструальну та постовуляторну фази, зниження цих показників – у передменструальну.

Внесок LF-компонента значно вищий у постовуляторну фазу МЦ, порівняно з менструальною, постменструальною, овуляторною й передменструальною. На думку спеціалістів [1], високий рівень VLF-компонента у фазу овуляції можна розглядати як ознаку несприятливого функціонально-адаптивного стану кардіореспіраторної системи, що виникає внаслідок надлишкової відповіді адаптаційної системи на стрес внаслідок домінантного стану ЦНС.

Внесок VLF-компонента поступово зростає, починаючи з менструальної фази, вірогідно вищий у постменструальну ($p < 0,05$) та овуляторну ($p < 0,05$), достатньо високий – у постовуляторну фазу, порівняно з передменструальною.

Виявлено дуже високий ступінь взаємозв'язку показників ТР та LF у менструальну ($r_s = 0,91$), овуляторну ($r_s = 0,93$), постовуляторну ($r_s = 0,95$) і високий – у постменструальну ($r_s = 0,81$) та передменструальну ($r_s = 0,88$), а також високий ступінь позитивного взаємозв'язку показників ТР та VLF у менструальну ($r_s = 0,81$), постменструальну ($r_s = 0,89$), постовуляторну ($r_s = 0,84$), передменструальну ($r_s = 0,77$) фази МЦ.

Зростання ТР залежить від значного підвищення LF у менструальну, овуляторну та постовуляторну фази; у постменструальну і передменструальну взаємозв'язок між цими показниками знижується за рахунок зростання LF-компонента, що свідчить про збільшення впливу симпатичної ланки нервової системи на ВСР. VLF-компонент також впливає на зростання ТР у менструальну, постменструальну, передменструальну і, особливо, у овуляторну фази, що вказує на гіперактивний стан організму спортсменок у цей час і зниження ТР та VLF у передменструальну фазу свідчить про енергодефіцитний стан їхнього організму.

Зміни у впливі симпатичного й парасимпатичного відділів ВНС, які відображаються балансом LF/HF, свідчать про те, що ці показники найменші в менструальній фазі, збільшуються – у постменструальну, овуляторну і передменструальну досягають найбільших величин. Однак у постовуляторну фазу зафіксовано вірогідне зниження ($p < 0,05$) показників балансу LF/HF.

ТАБЛИЦЯ 1 – Динаміка показників варіабельності серцевого ритму спортсменок, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, у різні фази менструального циклу, фонові проба (стан відносного спокою)

Показник		Фаза менструального циклу									
		I – менструальна		II – постменструальна		III – овуляторна		IV – постовуляторна		V – передменструальна	
		Ме-діана	25–75-й перцентиль	Ме-діана	25–75-й перцентиль	Ме-діана	25–75-й перцентиль	Ме-діана	25–75-й перцентиль	Ме-діана	25–75-й перцентиль
Спектральні	TP, мс ²	2517	1689–3527	2194	1967–3958	2418*	1440–4363	3138**	2028–4826	1593	1450–2548
	VLF, мс ²	597	312–832	683*	521–756	768*	436–1477	648	381–1299	503	335–711
	LF, мс ²	564	307–861	687	413–1229	476	270–1384	757	432–1243	491	340–911
	HF, мс ²	1320	867–1916	1324	811–2116	1145	698–1954	1902**	1261–2085	926	492–1367
	LF/HF	0,427	0,353–0,613	0,581	0,449–0,783	0,532	0,402–1,090	0,433*	0,341–0,606	0,769	0,527–0,925
Часові	ЧСС, уд·хв ⁻¹	69	60–72	69	60–71	71	65–73	66	62–69	69	67–84
	R–R _{min} , мс	764	734–847	764*	731–787	745***	685–760	802*	745–834	726	657–802
	R–R _{max} , мс	1019	975–1108	1024*	983–1194	989	901–1116	1072*	973–1134	947	843–1064
	RRNN, мс	875	836–998	877*	847–1008	843	824–924	921*	879–974	877	714–905
Кардіоінтервалографія	Mo, с	0,871	0,827–0,972	0,869*	0,847–0,960	0,864	0,810–0,918	0,883*	0,870–0,963	0,869	0,732–0,898
	AMo, %	38,1	29,0–44,5	38,8*	30,0–43,2	36,4*	30,6–41,6	34,2**	30,3–37,3	47,4	39,5–55,0
	ПАПР, ум.од.	39,3	32,9–59,0	39,6**	32,3–45,9	39,1*	30,4–52,5	39,4**	30,3–43,9	59,7	41,8–75,1
	IH _{спокій} , ум.од.	91,4	63,7–129	90,6	53,1–105	68,1	48,3–119	66,5*	52,4–107	110	74–216

Примітки: * p < 0,05, ** p < 0,01 – достовірні зміни результатів, порівняно з передменструальною фазою МЦ; *** p < 0,05 – достовірні зміни результатів, порівняно з постовуляторною фазою МЦ.

Переважає внесок HF-компонента в сумарну потужність коливань ВСР спортсменок, особливо в постовуляторну, менструальну та постменструальну фази МЦ, істотно впливає на частоту серцевих скорочень (ЧСС) спортсменок. Відзначено значно нижчі ці показники у постовуляторну 66 (62–69) уд·хв⁻¹ ($r_s = -0,72$) ($p < 0,05$), постменструальну 69 (60–71) уд·хв⁻¹ ($r_s = -0,55$) і менструальну 69 (60–72) уд·хв⁻¹, порівняно з передменструальною ($r_s = -0,58$) та овуляторною ($r_s = -0,54$) фазами МЦ, у яких спостерігається збільшення внеску LF і VLF-компонентів.

Це позначається й на показниках R–R_{min} і R–R_{max}, які є найнижчими в передменструальну та овуляторну фази ($p < 0,05$), порівняно з постовуляторною, постменструальною та менструальною постовуляторною фазами ($p < 0,05$).

Визначено дуже високий ступінь позитивного взаємозв'язку R–R_{max} та HF у постовуляторну ($r_s = 0,92$), високий ступінь взаємозв'язку – в менструальну ($r_s = -0,70$), овуляторну ($r_s = 0,79$), передменструальну ($r_s = 0,85$) і помітний взаємозв'язок – у постменструальну ($r_s = 0,52$) фази МЦ; високий ступінь позитивного взаємозв'язку R–R_{max} та LF у постовуляторну ($r_s = 0,77$); високий ступінь позитивного взаємозв'язку R–R_{max} та VLF – у менструальну ($r_s = 0,72$) і помітний ступінь – в овуляторну ($r_s = 0,65$), постовуляторну ($r_s = 0,57$) фази МЦ. Це засвідчує позитивний вплив ВНС, особливо парасимпатичного відділу на ефективність роботи ССС у постовуляторну, менструальну

та постменструальну фази. При цьому значення RRNN найвищі в менструальну, постменструальну і постовуляторну, порівняно з овуляторною та передменструальною фазами.

На думку науковців зі спортивної кардіології [1], покращення функціонального стану ССС спортсменів супроводжує зниження ЧСС, збільшення Mo і зменшення AMo. Так, збільшення Mo спостерігаємо в менструальну та овуляторну фази; вірогідне зростання – у постменструальну ($p < 0,05$) й постовуляторну ($p < 0,05$). Вірогідне зниження AMo – у постменструальну ($p < 0,05$), овуляторну ($p < 0,05$) й постовуляторну ($p < 0,01$) фазах, що засвідчує підвищення функціонального стану ССС у ці фази, порівняно з передменструальною фазою МЦ. Зниження функціонального стану ССС зафіксовано в передменструальну фазу: знизилася показники Mo і підвищилися – AMo.

Нами визначено нижчий показник ПАПР – у менструальну фазу й вірогідно нижчий – у постменструальну ($p < 0,01$), овуляторну ($p < 0,05$) та постовуляторну ($p < 0,01$) фази МЦ, порівняно з передменструальною. Найвищі показники IH отримано в передменструальну і менструальну, найнижчі – у постовуляторну ($p < 0,05$), постменструальну і овуляторну фазах МЦ, що свідчить про зниження ступеня напруження регуляторних систем і підвищення функціональних можливостей ССС спортсменок у цей період.

Так, про переважання впливу парасимпатичного відділу нервової системи свідчить показник

ТАБЛИЦЯ 2 – Динаміка показників варіабельності серцевого ритму при ортостатичній пробі у спортсменок, які спеціалізуються в бігу на середні дистанції, у різні фази менструального циклу

Показник		Фази менструального циклу									
		I – менструальна		II – постменструальна		III – овуляторна		IV – постовуляторна		V – передменструальна	
		ме-діана	25–75-й перцентиль	ме-діана	25–75-й перцентиль	ме-діана	25–75-й перцентиль	ме-діана	25–75-й перцентиль	ме-діана	25–75-й перцентиль
Спектральні	TP, мс ²	2712	2240–3363	2347	1891–2653	2739	1707–4344	3209	1880–4043	1834	1251–3452
	VLF, мс ²	906	882–1702	827	587–1251	873	721–1254	982	827–1180	647	513–1148
	LF, мс ²	1153	786–1403	990	781–1330	1213	616–1913	1523	752–2132	850	479–1913
	HF, мс ²	468	407–524	311	281–487	377	242–571	401	202–516	306	190–391
	LF/HF	2,83	1,93–3,94	3,27	2,30–3,49	3,45	2,51–4,30	3,8	2,82–4,49	3,02	2,66–3,67
Часові	ЧСС, уд·хв ⁻¹	89	81–94	84	76–93	88	80–93	85	80–90	93	82–106
	R-R _{min} , мс	577	545–639	600	544–679	591	538–628	594	558–638	563	480–609
	R-R _{max} , мс	822	728–855	844	730–885	823	751–882	804	761–877	788	673–853
	RRNN, мс	678	637–745	716	644–787	683	643–752	707	667–750	646	569–729
	K30/15	1,37	1,19–1,40	1,29	1,22–1,44	1,40	1,25–1,48	1,38	1,26–1,63	1,22	1,13–1,30
Кардіоінтервалографія	Мо, с	0,653	0,620–0,764	0,723	0,619–0,766	0,666	0,633–0,780	0,713	0,643–0,737	0,650	0,579–0,734
	АМо, %	42,9	38,7–44,2	45,0	39,8–49,5	39,4	34,2–42,9	38,6	34,6–50,2	50,3	38,0–57,4
	ПАПР, у.о.	61,7	53,0–72,5	68,2	55,0–76,2	54,9	49,4–64,2	54,0	45,7–73,3	74,7	55,5–90,6
	ІН _{орто} , у.о.	126	111–177	174	129–195	149	83,6–183	119	80,7–234	234	99,5–296
	ІН _{орто} /ІН _{спокій}	1,70	1,0–2,6	2,09	1,58–2,43	1,69	1,23–2,47	2,00	1,52–3,41	1,43	1,08–2,02
	Приріст ЧСС, %	29,5	24,3–32,5	32,7	22,8–33,6	23,5	18,2–31,5	35,6	24,4–38,6	27,0	13,4–34,4

Примітки: * p < 0,05, ** p < 0,01 – достовірні зміни, порівняно з передменструальною фазою МЦ.

HF, який має високий від'ємний взаємозв'язок із ІН, що становить у постменструальну – $r_s = -0,70$, постовуляторну – $r_s = -0,82$, передменструальну – $r_s = -0,83$ та овуляторну і менструальну фази знижується – $r_s = -0,66$ і $r_s = -0,63$ відповідно.

За результатами спектрального аналізу при проведенні активної ортопроби (АОП) встановлено, що сумарна потужність спектра (TP), яка відображає рівень активності регуляторних систем, найвища в постовуляторну, овуляторну та менструальну фази МЦ, низька – у постменструальну й передменструальну. Простежено незначне зниження TP, порівняно з фоновою пробою, у постменструальну та постовуляторну фази, що вважається оптимальною реакцією на ортостаза, у передменструальну, овуляторну та менструальну фази відзначено підвищення TP, яке відбувається за рахунок збільшення внеску LF- і VLF-компонентів і зменшення внеску HF, що вказує на залучення центральних структур управління серцевим ритмом (вищих надсегментарних структур) у формуванні адаптивних реакцій ССС у процесі термінової адаптації при проведенні АОП (табл. 2).

Вплив HF-компонента в ортопробі значно зменшився, порівняно з фоновою. Найвищі показники HF-компонента визначено в менструальну, овуляторну й постовуляторну фази, значно

нижчі – у передменструальну та постменструальну. Визначено дуже високий ступінь взаємозв'язку HF та TP у передменструальну ($r_s = 0,92$), менструальну ($r_s = 0,90$), високий ступінь – в овуляторну ($r_s = 0,84$), постовуляторну ($r_s = 0,70$) фази МЦ.

Внесок LF-компонента значно вищий в овуляторну та постовуляторну фази МЦ, порівняно з менструальною, постменструальною та передменструальною, тоді як VLF-компонента – у постовуляторну, менструальну й овуляторну, порівняно з постменструальною і передменструальною фазами МЦ. Простежено дуже високий ступінь взаємозв'язку LF і TP у постменструальну ($r_s = 0,92$), передменструальну ($r_s = 0,91$) та овуляторну ($r_s = 0,90$), високий – у постовуляторну ($r_s = 0,89$) фази, а також високий ступінь кореляційного взаємозв'язку VLF і TP у менструальну ($r_s = 0,89$), помітний ступінь у овуляторну ($r_s = 0,62$) та постовуляторну ($r_s = 0,64$) фази МЦ. Проведені дослідження внеску VLF-, LF- і HF-компонентів у сумарну потужність коливань ВСР в ортопробі підтверджують той факт, що в менструальну та постменструальну фази МЦ збільшений тонус парасимпатичного відділу нервової системи, а в овуляторну, постовуляторну й передменструальну посилений тонус симпатичної ланки регуляції [1].

Під час проведення ортопроби баланс LF/HF зміщується в сторону впливу симпатичного

відділу ВНС і найвищі показники відзначено в овуляторну, постовуляторну ($r_s = 0,66$) та постменструальну ($r_s = 0,65$), значно нижчі – у передменструальну й менструальну фази МЦ.

На думку фахівців [1], значне зростання потужності LF-компонента при ортопробі, порівняно з фоновою пробою, у спортсменів характерно при високій функціональній активності під час виконання роботи та за швидкого відновлення після припинення роботи. Більший приріст LF/HF при нижчих ЧСС у постменструальну, овуляторну й постовуляторну фази МЦ свідчить про вищі адаптаційні можливості, порівняно з передменструальною та менструальною фазами, у яких визначено зростання ЧСС, зниження LF/HF, що вказує на підвищення напруження адаптаційних можливостей.

Переважає внеску LF-компонента й зниження TP у спортсменок, особливо в передменструальну фазу МЦ, істотно впливає на ЧСС спортсменок. Відзначено значно нижчі показники ЧСС у постменструальну й постовуляторну фази, порівняно з передменструальною, менструальною й овуляторною фазами, у яких спостерігаємо збільшення внеску HF-компонента (табл. 2). У менструальну фазу визначено від'ємний взаємозв'язок між ЧСС і TP ($r_s = -0,72$) і HF ($r_s = -0,58$), в овуляторну фазу – між ЧСС та VLF ($r_s = -0,88$) і TP ($r_s = -0,51$).

Це позначається й на показниках $R-R_{\min}$ і $R-R_{\max}$ – найнижчі показники в передменструальну фазу, порівняно з менструальною, постменструальною ($p < 0,05$), овуляторною та постовуляторною ($p < 0,01$) фазами МЦ (див. табл. 2). При цьому показники RRNN найвищі в постменструальну, постовуляторну й овуляторну, що свідчить про ефективність та економічність роботи ССС у цих фазах, порівняно з передменструальною та менструальною фазами МЦ.

Виявлено позитивний високий ступінь взаємозв'язку TP і $R-R_{\max}$ у менструальну ($r_s = 0,79$) та овуляторну ($r_s = 0,72$) фази, VLF і $R-R_{\max}$ – у менструальну ($r_s = 0,86$), та дуже високий ступінь взаємозв'язку – в овуляторну ($r_s = 0,92$) фазу; HF і $R-R_{\max}$ – у менструальну ($r_s = 0,87$), овуляторну ($r_s = 0,71$), постовуляторну ($r_s = 0,69$), передменструальну ($r_s = 0,66$) фази МЦ. Простежено позитивний взаємозв'язок RRNN і VLF ($r_s = 0,76$), HF ($r_s = 0,76$) у менструальну фазу; RRNN та VLF ($r_s = 0,91$) – в овуляторну фазу МЦ. Отже, тривалість кардіоциклів тісно взаємозв'язана зі спектральними показниками ВСР, які вірогідно змінюються у різні фази МЦ. Найкращі показники визначено в постменструальну та постовуляторну фази; у

менструальну, овуляторну й передменструальну фази відзначається зниження тривалості R–R-інтервалів, що свідчить про зниження ефективності роботи ССС.

Коефіцієнт 30:15 (К 30:15) характеризує реактивність парасимпатичного відділу ВНС. Високий рівень К 30:15 свідчить про більшу реактивність парасимпатичного відділу ВНС та функціональних можливостей, що найчастіше виявляється у добре тренуваних спортсменів.

Відповідно до результатів наших досліджень найвищий показник К 30:15 простежено в овуляторну ($p < 0,01$), постовуляторну ($p < 0,01$) та менструальну ($p < 0,05$) фази, у постменструальну він дещо знижується й має найнижче значення, ніж у передменструальну фазу МЦ. Відзначено високий ступінь кореляційного позитивного взаємозв'язку К 30:15 із HF ($r_s = 0,79$) і помітний із TP ($r_s = 0,55$) і VLF ($r_s = 0,64$) у постовуляторну фазу.

Отже, виявлено високу реактивність парасимпатичного відділу ВНС в овуляторну й особливо в менструальну, постменструальну та постовуляторну фази, що свідчить про високі функціональні можливості спортсменок. Знижена реактивність парасимпатичного відділу ВНС у передменструальну фазу вказує на погіршення функціонального стану організму.

Під час проведення ортопроби ЧСС була найбільшою в передменструальну, менструальну та овуляторну фази, значно нижчою – у постменструальну й постовуляторну (див. табл. 2). Однак приріст, порівняно із фоновою, найбільший у постовуляторну та постменструальну фази, на відміну від менструальної, передменструальної та овуляторної фаз МЦ.

Найвищі значення M_o спостерігали в постменструальну, овуляторну та постовуляторну фази МЦ ($p < 0,05$) та значно нижчі в менструальну й передменструальну. Значно нижчі показники A_{Mo} в менструальну, овуляторну і постовуляторну фази свідчать про підвищення функціонального стану ССС у ці фази, порівняно з передменструальною й постменструальною.

Визначено, що найвищі показники ПАПР й ІН отримано в передменструальну, зниження цих показників – в менструальну, постменструальну та овуляторну фази і значно нижчі – у постовуляторну ($p < 0,05$), що свідчить про зниження ступеня напруженості регуляторних систем та підвищення функціональних можливостей ССС спортсменок в ці фази, порівняно з передменструальною.

Отже, у менструальну, постменструальну, овуляторну і особливо в постовуляторну фази

МЦ поєднання високої активності центральних структур управління та парасимпатичного відділу ВНС спортсменок свідчить про те, що системи регулювання організму перебувають в оптимальному стані й відображають високі енергетичні та резервні можливості організму. Нами відзначено в ці фази підвищення показників TP, HF, Mo, K 30:15 і зниження показників VLF, LF, ЧСС, АМо, ПАПР, ІН та високий ступінь від'ємного взаємозв'язку між цими показниками, внаслідок зниження ступеня напруження регуляторних систем, особливо в постовуляторну фазу.

У передменструальну фазу збільшується вплив симпатичного відділу й центрального контура регуляції, що призводить до зниження показників TP, HF, Mo, K 30:15 і підвищення VLF, LF, ЧСС, АМо, ПАПР, ІН, зниження ступеня від'ємних взаємозв'язків між ними, а отже, й підвищення ступеня напруження регуляторних систем і функціональних можливостей ССС спортсменок.

Зниження показників RRNN, $R-R_{\min}$ та $R-R_{\max}$ зумовлено зменшенням TP і VLF, LF, HF, LF/HF у менструальну і передменструальну фази, що підтверджується помітними ступенями кореляційного взаємозв'язку, указує на зниження ефективності роботи ССС. У передменструальній фазі зниження HF ($r_s = -0,58$) та TP ($r_s = -0,72$) призводить до підвищення ЧСС в ортопробі. В овуляторній фазі зниження VLF ($r_s = -0,88$) призводить до підвищення ЧСС в ортопробі. Також в овуляторну фазу простежено дуже високі ступені кореляційного взаємозв'язку VLF та RRNN

($r_s = 0,91$), $R-R_{\max}$ ($r_s = 0,92$), що свідчить про значний вплив активності нейрогуморальної регуляції, що, можливо, пов'язано з високим рівнем естрогенів у крові спортсменок.

Найвищі показники RRNN, $R-R_{\min}$, $R-R_{\max}$ зумовлені зростанням TP і VLF, LF, HF, LF/HF у постменструальну та постовуляторну фази, що підтверджується помітним ступенем кореляційного взаємозв'язку, указує на підвищення ефективності роботи ССС.

Висновки

Зміни функціонального стану ССС у жінок, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, протягом МЦ дають змогу планувати застосування великих і значних фізичних навантажень у мезоциклах, підвищити ефективність тренувального процесу й зберегти їхнє здоров'я.

Адаптаційні реакції організму жінок, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, до напруженої м'язової діяльності, спрямованої на прояв анаеробної витривалості, характеризуються оптимальним функціональним станом ССС (за результатами аналізу варіабельності серцевого ритму) у постовуляторну та постменструальну фази порівняно із менструальною, овуляторною та передменструальною фазами МЦ.

Результати взаємозв'язку рівня прояву функціональних можливостей спортсмена і ефективності виконання специфічних навантажень мезоциклу стали методологічною основою розробки програм їхніх тренувальної та змагальної діяльності в мікроциклах і мезоциклах спортивної підготовки.

Література

1. *Вариабельность* сердечного ритма // Теоретические аспекты и практическое применение: материалы V Всерос. симп., 26–28 октяб. 2011 г. / отв. ред.: Р. М. Баевский, Н. И. Шлык. – Ижевск : Удмурт. ун–т, 2011. – 597 с.
2. *Анализ* взаимосвязи показателей вариабельности ритма сердца / А.С. Бань, Н. А. Парамонова, Г. М. Загородный, Д. С. Бань // Воен. медицина. – 2010. – № 4. – С. 21–24.
3. *Михайлов В. Н.* Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново : [б. и.], 2000. – 200 с.
4. *Погодина С. В.* Вариабельность сердечного ритма спортсменок в различных фазах менструального цикла / С. В. Погодина, В. С. Юферев // Учен. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. : Биология, химия. – Симферополь, 2012. – Т. 25. – С. 188–195.
5. *Шахлина Л. Я.-Г.* Особенности функциональной адаптации организма спортсменок высокой квалификации к большим физическим нагрузкам / Л. Я.-Г. Шахлина // Спорт. медицина. – 2012. – № 1. – С. 20–30.
6. *Anderson A. J.* Effects of the menstrual cycle on expiratory resistance during whole body exercise in females / A. J. Anderson, M. A. Babcock // Journal of Sports Science and Medicine. – 2008. – N 7. – P. 475–479.

References

1. *The variability* of cardiac rhythm // Theoretical aspects and practical use: materials of the V Russian conf., 26–27 October. 2011/ ed.: R. M. Baievskii, N. I. Shlyk. – Izhevsk: Udmurtsk university, 2011. – 597p.
2. *The analysis* of the interconnection of indicators of the variability of cardiac rhythm / A. S. Ban, N. A. Paramonova, H. M. Zahorodnyi, D. S. Ban // Voyennaya meditsina. – 2010. – N 4. – P. 21–24.
3. *Mikhailov V. N.* The variability of cardiac rhythm : the experience of the practical use of the method / V. N. Mykhailov. – Ivanovo: [w. e.], 2000. – 200 p.
4. *Pogodina S. V.* The variability of sportswomen's cardiac rhythm in different phases of the menstrual cycle / S. V. Pohodina, V. S. Yuferev // Scholarly notes of the Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Biology, chemistry. – Simferopol, 2012. – Vol. 25. – P. 188–195.
5. *Shakhlina L. Y.-H.* The peculiarities of functional adaptation of sportswomen's organism of high qualification to large physical loading / L. Y.-H. Shakhlina // Sport. meditsina. – 2012. – N 1. – P. 20–30.
6. *Anderson A. J.* Effects of the menstrual cycle on expiratory resistance during whole body exercise in females / A. J. Anderson, M. A. Babcock // Journal of Sports Science and Medicine. – 2008. – N 7. – P. 475–479.

7. *Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers* / D. Atlaoui [et al.] // J. Sport med. – 2007. – N 28 (5). – P. 394–400.

8. *Loucks A. B. Effects of exercise training on the menstrual cycle: existence and mechanisms* / A. B. Loucks // Med. Sci. Spor. Exerc. – 1990. – Vol. 22, N 3.

9. *McCracken M. Effect of the menstrual cycle phase on the blood lactate responses to exercise* / M. McCracken, B. Ainsworth, A. C. Hackney // Eur. J. Appl Physiol. – 1994. – N 69. – P. 174–175.

10. *Menstrual cycle phase dissociation of blood glucose homeostasis during exercise* / J. M. Zavole, N. Dionne, R. Helie, Y. R. Brisson // J. Appl. Physiol. – 1987. – N 62. – P. 1084–1089.

11. *Peltenburg A. Sex hormone profiles of premenarcheal athletes* / A. Peltenburg, J. Thijssen // Eur. J. Appl. Physiol. – 1984. – Vol. 52. – P. 385–392.

12. *Roda O. The dynamics of special efficiency of sportsmen, who specialize in middle distance running* / O. Roda // Health Problems of Civilization. – 2014. – Vol. 8, N 1. – P. 18–23.

13. *Shakhlina L. Functional state, physical fitness of top women athletes, based on medical–biological characteristics of the female body* / L. Shakhlina // Lectures Given in the seminar of the IAAF Moscow Regional development centre. Dedicated to «Gear of Women in Athletics, 1998». – Moscow, 1998. – P. 51–58.

14. *Shakhlina L. Physikal Fitness and Work Capacity of female Athletes in the Course of Menstrual cycle* / L. Shakhlina // The second scientific international conference for women sport «Women and Child. Future vicion from a sport perspective» Egypt, Alexandria, 1997 p. – Alexandria, 1997. – P. 102–112.

15. *Shakhlina L. The physical work capacity of female athletes and its determining faktors* / L. Shakhlina // New Studies in Athletics. – 2000. – Vol. 15, N 1. – P. 37–47.

7. *Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers* / D. Atlaoui [et al.] // J. Sport med. – 2007. – N 28 (5). – P. 394–400.

8. *Loucks A. B. Effects of exercise training on the menstrual cycle: existence and mechanisms* / A. B. Loucks // Med. Sci. Spor. Exerc. – 1990. – Vol. 22, N 3.

9. *McCracken M. Effect of the menstrual cycle phase on the blood lactate responses to exercise* / M. McCracken, B. Ainsworth, A. C. Hackney // Eur. J. Appl Physiol. – 1994. – N 69. – P. 174–175.

10. *Menstrual cycle phase dissociation of blood glucose homeostasis during exercise* / J. M. Zavole, N. Dionne, R. Helie, Y. R. Brisson // J. Appl. Physiol. – 1987. – N 62. – P. 1084–1089.

11. *Peltenburg A. Sex hormone profiles of premenarcheal athletes* / A. Peltenburg, J. Thijssen // Eur. J. Appl. Physiol. – 1984. – Vol. 52. – P. 385–392.

12. *Roda O. The dynamics of special efficiency of sportsmen, who specialize in middle distance running* / O. Roda // Health Problems of Civilization. – 2014. – Vol. 8, N 1. – P. 18–23.

13. *Shakhlina L. Functional state, physical fitness of top women athletes, based on medical-biological characteristics of the female body* / L. Shakhlina // Lectures Given in the seminar of the IAAF Moscow Regional development centre. Dedicated to «Gear of Women in Athletics, 1998». – Moscow, 1998. – P. 51–58.

14. *Shakhlina L. Physikal Fitness and Work Capacity of female Athletes in the Course of Menstrual cycle* / L. Shakhlina // The second scientific international conference for women sport «Women and Child. Future vicion from a sport perspective» Egypt, Alexandria, 1997 p. – Alexandria, 1997. – P. 102–112.

15. *Shakhlina L. The physical work capacity of female athletes and its determining faktors* / L. Shakhlina // New Studies in Athletics. – 2000. – Vol. 15, N1. – P. 37–47.

Надійшла 24.11.2015