

## АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЖЕНЩИН, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В БЕГЕ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ

**О.Б. РОДА, С.В. КАЛИТКА**

*Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки,  
г. Луцк, Украина*

**Введение.** В современном спорте достижение высоких спортивных результатов неразрывно связано с рациональным построением тренировочного процесса, что, в свою очередь, подразумевает использование наиболее важных принципов соответствия тренировочных нагрузок текущему функциональному состоянию спортсменов. Высокий уровень функционального состояния следует рассматривать как предпосылку высокой физической работоспособности, как потенциальную способность организма эффективно приспосабливаться к предъявляемым соревновательным и тренировочным нагрузкам. В свою очередь, адаптация организма к физическим нагрузкам может выступать как одна из важных характеристик функционального состояния [10].

Известно, что одним из объективных критериев оценки текущего функционального состояния и физической подготовленности спортсменов являются физиологические показатели, отражающие состояние механизмов симпатической и парасимпатической нервной системы человека, то есть вегетативной регуляции сердечной деятельности [1, 2, 3, 5]. Оптимально сбалансированная регуляция позволяет спортсмену при наличии должного уровня мотивации максимально использовать свои функциональные возможности, обеспечивает необходимую экономизацию функций при работе на выносливость и определяет течение восстановительных процессов [9].

Следует отметить, что деятельность физиологических и функциональных систем, адаптационные процессы в организме женщин отличаются от таковых у мужчин. Это обусловлено одной из основных биологических особенностей женского организма, связанной с репродуктивной функцией, – цикличностью функций гипоталамо–гипофизарно–овариально–адреналовой системы. Многими авторами были описаны изменения общей и специальной работоспособности, функциональных возможностей, восстановления спортсменок после выполнения нагрузок в разные фазы менструального цикла (МЦ) [4]. Результаты исследований зависимости проявления функциональных возможностей и эффективности выполнения специфических нагрузок от состояния организма спортсменок в разные фазы МЦ стали методологической основой разработки их тренировочных программ и соревновательной деятельности в мезоциклах. Поэтому в тренировочном процессе женщин особое значение должно придаваться контролю функционального состояния сердечно–сосудистой системы (ССС) в разные фазы МЦ для более глубокого изучения адаптационных процессов их организма к большим тренировочным и соревновательным нагрузкам.

В последние годы для оценки функционального состояния спортсменов все более популярным становится анализ ВРС, или кардиоинтервалография, являющийся простым, неинвазивным и информативным методом исследования вегетативной нервной системы.

В настоящее время появилось много работ по изучению variability сердечного ритма (ВСР) у спортсменов, что позволяет судить об адаптации организма к тренировочным нагрузкам [1, 2, 3, 5, 7, 8]. Состояние регуляторных систем и их способность обеспечить необходимую адаптацию организма к физической нагрузке являются определяющими в прогнозе тренированности [5, 6]. Низкие показатели ВСР, наблюдаемые при доминировании симпатического отдела вегетативной нервной системы, свидетельствуют о недостаточном восстановлении спортсменов после тяжелых физических нагрузок, перетренированности, интоксикациях и других патоморфологических состояниях.

В настоящее время существует большое количество методов анализа ВСР. Среди них выделяют методы временного анализа, вариационную пульсометрию, методы частотного анализа. Временной и спектральный анализ ВСР позволяет получить наиболее ценную информацию о функциональном состоянии спортсменов в конкретный период времени и в зависимости от его уровня своевременно корректировать тренировочный процесс, а также избегать состояния перетренированности и срыва адаптации. Из этого следует, что использование методов временного и спектрального анализа ВСР в практике подготовки спортсменов является необходимым и перспективным.

Целью нашего исследования являлось изучение особенностей ВСР у спортсменок, специализирующихся в беге на средние дистанции, в разные фазы МЦ.

**Методика и объекты исследования.** Обследовано 13 женщин (65 наблюдений), специализирующихся в беге на средние дистанции, в возрасте от 16 до 26 лет с 28–32–дневным МЦ, имеющих квалификацию первого, второго и третьего разряда, кандидата в мастера спорта. Исследования проводили в каждую фазу МЦ, а именно: I фаза – менструальная (1–5 день МЦ), II фаза – постменструальная (6–12 день МЦ), III фаза – овуляторная (13–15 день МЦ), IV фаза – постовуляторная (16–25 день МЦ) и V фаза – предменструальная (26–28 день МЦ). Для изучения гормональной насыщенности определяли базальную температуру тела.

Был проведен анализ показателей ВСР путем записи ЭКГ квалифицированных спортсменов, проходивших обследование с использованием программноаппаратного комплекса «Поли-Спектр» в 2012–2013 гг. Артефакты и экстрасистолы удалялись из электронной записи автоматическим и ручным методом.

Анализировались следующие временные показатели variability сердечного ритма: ЧСС, RRNN (средняя длительность нормальных интервалов RR), SDNN (стандартное отклонение величин NN–интервалов, квадратный корень из разброса NN), RMSSD (квадратный корень средних квадратов разницы между смежными RR–интервалами), pNN50 (процент интервалов смежных NN, отличающихся более чем на 50 мс), CV (коэффициент вариации ряда последовательных кардиоинтервалов,  $SDNN/RRNN \cdot 100\%$ ).

Среди показателей спектрального (частотного) анализа оценивались общая мощность спектра (TP), мощность высокочастотного (HF), низкочастотного (LF) и очень низкочастотного (VLF) компонентов, вклад указанных компонентов в общую мощность спектра в процентах, а также мощность HF– и LF–волн в нормализованных единицах и соотношение LF/HF.

Использовались следующие показатели кардиоинтервалографии (КИГ): Mo (мода – наиболее часто встречающиеся значения RR–интервала), AMo (амплитуда моды – процент кардиоинтервалов RR, соответствующий значению моды), BP (вариационный размах – разность между длительностью наибольшего и наименьшего RR–интервала) и рассчитываемые на их основе индексы, предложенные Р.М. Баевским [1], нашедшие широкое применение для оценки процессов регуляции и степени адаптации сердечно–сосудистой системы к агрессивным факторам: ИВР – индекс вегетативного равновесия ( $ИВР = AMo/BP$ ); ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции ( $ПАПР = AMo/Mo$ ); ВПР – вегетативный показатель ритма ( $ВПР = 1/Mo \cdot BP$ ); ИН – индекс напряжения регуляторных систем ( $ИН = AMo/2 \cdot BP \cdot Mo$ ). Все исследуемые показатели изучали в состоянии покоя (фоновая проба), за день до проведения исследования спортсменки освобождались от тренировки. Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью программы Excel 2003.

**Результаты и их обсуждение.** В современном спорте повышение эффективности использования больших физических нагрузок в сочетании их с другими экзогенными и эндогенными воздействиями является одной из важнейших направлений. Известно, что эндогенные гормональные перестройки, происходящие на протяжении МЦ, влияют на самочувствие, функциональные возможности, работоспособность и, как следствие, спортивный результат.

Спектральный анализ, который широко используется как метод изучения вегетативной регуляции сердечной деятельности, позволил нам выявить достоверные различия в функциональном состоянии ССС спортсменок на протяжении МЦ. Суммарная мощность спектра (TP), которая отражает уровень активности регуляторных систем, самая высокая в постовуляторную ( $4116,85 \pm 2904,74 \text{ мс}^2$ ) и постменструальную ( $3815,23 \pm 3314,35 \text{ мс}^2$ ) фазы, низкая в менструальную ( $3453,08 \pm 3215,19 \text{ мс}^2$ ), овуляторную ( $3328,54 \pm 2176,05 \text{ мс}^2$ ) и предменструальную ( $2173,23 \pm 1259,90 \text{ мс}^2$ , ( $p < 0,05$ , по сравнению с постовуляторной)) фазы МЦ (табл. 1.).

Таблица 1 – Спектральные показатели variability сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ (фоновая проба, женщины)

Показатели	Фазы МЦ				
	I	II	III	IV	V
TP, $mc^2$	3453,08± 3215,19	3815,23± 3314,35	3328,54± 2176,05	4116,85± 2904,74*	2173,23± 1259,90
VLF, $mc^2$	742,76±582,67	1025,77±1123,32	1039,15±749,14*	952,69±858,82	530,69±267,46
LF, $mc^2$	808,55±761,59	960,77±861,94	865,38±684,39	1036,46±844,18	639,23±391,64
HF, $mc^2$	1899,68± 2079,98	1828,62± 1644,41	1424,00± 1183,36	2128,08± 1475,82*	1003,30± 761,44
VLF, %	27,06±16,36	26,87±10,26	32,81±17,32	22,81±11,40	26,90±11,34
LF, %	23,10±6,96	25,47±8,38	23,80±9,07	24,06±5,48	29,74±8,32
HF, %	49,85±17,95	47,67±11,53	43,40±16,93	53,11±14,99	43,38±16,17
LF norm, п.и.	33,44±13,49	35,09±11,17	37,28±14,76	32,67±12,46	42,40±16,16
HF norm, п.и.	66,56±13,49	64,91±11,17	62,72±14,76	67,33±12,46	57,60±16,16
LF/HF	0,61±0,58	0,66±0,38	0,69±0,45	0,56±0,43	0,90±0,65

\*Авторский расчет

\* (p<0,05) – достоверные изменения результатов, по сравнению с предменструальной фазой МЦ.

Учитывая то, что в первой половине МЦ преобладает тонус парасимпатического отдела нервной системы, а во второй его половине усиливается тонус симпатического звена регуляции [4], то данные изменения тонуса вегетативной нервной системы должны влиять на механизмы регуляции сердечного ритма спортсменок. Проведенные нами исследования вклада HF, LF и VLF компонентов в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ показали, что преобладание HF компонента достоверно выше в постовуляторную фазу (2128,08±1475,82  $mc^2$ , 53,11±14,99 %, (p<0,05, по сравнению с предменструальной), в менструальную (1899,68±2079,98  $mc^2$  и 49,85±17,95 %) и постменструальную фазы наблюдается постепенное снижение (1828,62±1644,41  $mc^2$  и 47,67±11,53 %) (табл. 1). В овуляторную (1424,00±1183,36  $mc^2$  и 43,40±16,93 %) и предменструальную фазы МЦ влияние HF компонента значительно снижается (1003,30±761,44  $mc^2$ , 43,38±16,17 %). Показатель HF norm, также свидетельствующий о вкладе в суммарную мощность спектра HF-компонента за вычетом влияния VLF-компонента, самый высокий в постовуляторную фазу (67,33±12,46 у.е.), снижается в менструальную (66,56±13,49 у.е.), в постменструальную (64,91±11,17 у.е.), в овуляторную (62,72±14,76 у.е.) и самый низкий в предменструальную (57,60±16,16 у.е.). При этом увеличивается вклад LF и VLF компонентов в общую мощность спектра.

Вклад LF компонента значительно выше в предменструальную фазу МЦ (639,23±391,64  $mc^2$ , 29,74±8,32 %) по сравнению с менструальной (808,55±761,59  $mc^2$ , 23,10±6,96 % (p<0,05)), постменструальной (960,77±861,94  $mc^2$ , 25,47±8,38 %), овуляторной (865,38±684,39  $mc^2$ , 23,80±9,07 %) и постовуляторной (1036,46±844,18  $mc^2$ , 24,06±5,48 %) фазами тогда как вклад VLF компонента достоверно выше в овуляторную фазу (1039,15±749,14  $mc^2$  и 32,81±17,32 %) по сравнению с предменструальной (530,69±267,46  $mc^2$ , (p<0,05) и 26,90±11,34 %), менструальной (742,76±582,67  $mc^2$  и 27,06±16,36 %), постменструальной (1025,77±1123,32  $mc^2$  и 26,87±10,26 %) и постовуляторной фазами (952,69±858,82  $mc^2$  и 22,81±11,40 %).

Уменьшение степени мобилизации симпатического звена ВНС в ответ на применение регулярных физических нагрузок может являться причиной слабой выраженности вклада LF компонента в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ. Такие изменения во влиянии симпатического и парасимпатического отделов ВНС, которые отображаются балансом LF/HF, свидетельствуют о том, что эти показатели увеличиваются на протяжении МЦ и в менструальную фазу они составляют 0,61±0,58, в постменструальную – 0,66±0,38, в овуляторную – 0,69±0,45 и предменструальную – 0,90±0,65. Однако, в постовуляторную фазу зафиксированы самые низкие показатели баланса LF/HF – 0,56±0,43. Преобладание вклада HF компонента суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок, особенно в постовуляторную, менструальную и постменструальную фазы МЦ, существенно влияет на частоту сердечных сокращений (ЧСС) спортсменок и нами отмечены значительно ниже эти показатели (65,23±5,43 уд·мин<sup>-1</sup> (p<0,05), 65,77±9,85 уд·мин<sup>-1</sup> и 66,00±9,71 уд·мин<sup>-1</sup> (соответственно)) по сравнению с овуляторной (69,31±8,84 уд·мин<sup>-1</sup>), и предменструальной (73,69±12,41 уд·мин<sup>-1</sup>) фазами МЦ, в которых наблюдается увеличение вклада LF и VLF компонентов (табл. 2.). Это отражается и на

показателях  $R-R_{\max}$  и  $R-R_{\min}$  – самые низкие показатели в предменструальную ( $955,69 \pm 147,04$  и  $705,85 \pm 156,11$  мс) и овуляторную ( $1019,92 \pm 166,61$  и  $747,46 \pm 107,78$  мс) фазы, по сравнению с постменструальной ( $1087,92 \pm 145,58$  ( $p < 0,05$ ) и  $799,15 \pm 136,33$  мс), менструальной ( $1076,85 \pm 217,21$  и  $798,62 \pm 110,47$  мс) и постовуляторной ( $1078,69 \pm 121,11$  и  $784,69 \pm 60,19$  мс) фазами МЦ. При этом показатели RRNN самые высокие в менструальную ( $937,85 \pm 172,78$  мс), постменструальную ( $928,38 \pm 140,20$  мс) и постовуляторную ( $925,85 \pm 77,74$  мс), по сравнению с овуляторной ( $879,69 \pm 121,39$  мс) и предменструальной ( $833,92 \pm 132,11$  мс) фазами МЦ. ВР, который свидетельствует о максимальной амплитуде регуляторных влияний, самый высокий в постовуляторную ( $0,29 \pm 0,11$  с), постменструальную ( $0,27 \pm 0,11$  с) и овуляторную ( $0,27 \pm 0,10$  с) фазы МЦ, что свидетельствует о эффективности и экономичности работы ССС в эти фазы, по сравнению с менструальной ( $0,26 \pm 0,13$  с) и предменструальной ( $0,25 \pm 0,13$ ) фазами МЦ.

Таблица 2 – Временные показатели variability сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ (фоновая проба, женщины)

Показатели	Фазы МЦ				
	I	II	III	IV	V
$R-R_{\min}$ , мс	$798,62 \pm 110,47$	$799,15 \pm 136,33$	$747,46 \pm 107,78$	$784,69 \pm 60,19$	$705,85 \pm 156,11$
$R-R_{\max}$ , мс	$1076,85 \pm 217,21$	$1087,92 \pm 145,58^*$	$1019,92 \pm 166,61$	$1078,69 \pm 121,11$	$955,69 \pm 147,04$
RRNN, мс	$937,85 \pm 172,78$	$928,38 \pm 140,20$	$879,69 \pm 121,39$	$925,85 \pm 77,74$	$833,92 \pm 132,11$
SDNN, мс	$55,46 \pm 28,18$	$58,00 \pm 23,00$	$53,54 \pm 18,52$	$61,08 \pm 22,66^*$	$42,77 \pm 14,68$
RMSSD, мс	$66,31 \pm 41,70$	$60,31 \pm 26,19$	$53,23 \pm 24,72$	$70,15 \pm 29,96^*$	$43,31 \pm 21,82$
pNN50, %	$38,20 \pm 21,99$	$36,77 \pm 17,83$	$31,92 \pm 20,74$	$46,08 \pm 17,91^{**}$	$21,31 \pm 18,78$
CV, %	$5,70 \pm 1,96$	$6,31 \pm 2,36$	$6,05 \pm 1,78$	$6,52 \pm 1,99$	$5,11 \pm 1,34$
ЧСС, уд мин <sup>-1</sup>	$65,77 \pm 9,85$	$66,00 \pm 9,71$	$69,31 \pm 8,84$	$65,23 \pm 5,43^*$	$73,69 \pm 12,41$

\* Авторский расчет

\* – ( $p < 0,05$ ),

\*\* – ( $p < 0,01$ ) – достоверные изменения результатов, по сравнению с предменструальной фазой МЦ.

Обращают на себя внимание такие показатели как: RMSSD, отражающий активность парасимпатического звена вегетативной регуляции, pNN50, отражающий степень преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим и SDNN, отражающий суммарный эффект вегетативной регуляции. Рост этих показателей указывают на преобладание парасимпатических влияний на ритм сердца. Следует отметить, что у спортсменок эти показатели достоверно выше в постовуляторную фазу ( $70,15 \pm 29,96$  мс,  $46,08 \pm 17,91$  % и  $61,08 \pm 22,66$  мс, ( $p < 0,05$ )) и значительно выше в менструальную ( $66,31 \pm 41,70$  мс,  $38,20 \pm 21,99$  % и  $55,46 \pm 28,18$  мс), постменструальную ( $60,31 \pm 26,19$  мс,  $36,77 \pm 17,83$  % и  $58,00 \pm 23,00$  мс), и овуляторную ( $53,23 \pm 24,72$  мс,  $31,92 \pm 20,74$  % и  $53,54 \pm 18,52$  мс), по сравнению с предменструальной ( $43,31 \pm 21,82$  мс,  $21,31 \pm 18,78$  и  $42,77 \pm 14,68$  мс (RMSSD, pNN50 и SDNN, соответственно)).

По мнению многих авторов, проводивших исследования в области спортивной кардиологии, улучшению функционального состояния ССС спортсменов сопутствует снижение ЧСС, увеличение Мо и уменьшение АМо. Так, увеличение Мо нами наблюдалось в менструальную ( $0,94 \pm 0,19$  с), постменструальную ( $0,92 \pm 0,15$  с) и постовуляторную ( $0,92 \pm 0,09$  с) фазы МЦ. Достоверное снижение АМо – в постменструальную ( $36,14 \pm 7,91$  %, ( $p < 0,05$ )), овуляторную ( $36,85 \pm 8,95$  %, ( $p < 0,05$ )) и постовуляторную ( $33,22 \pm 9,05$  %, ( $p < 0,01$ )) фазы, свидетельствует о повышении функционального состояния ССС в эти фазы, по сравнению с предменструальной ( $45,59 \pm 10,15$  %) фазой МЦ. Понижение функционального состояния ССС нами было зафиксировано в предменструальную фазу: понизились показатели Мо –  $0,84 \pm 0,14$  с и повысились показатели АМо –  $45,59 \pm 10,15$ %.

Для определения степени адаптации ССС к различным факторам и оценки адекватности процессов регуляции мы использовали предложенные Р.М. Баевским параметры: ИВР указывает на соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС, ВПР отражает баланс регуляции работы ССС со стороны симпатического и парасимпатического отделов ВНС, ПАПР позволяет определить степень преобладания автономного контура регуляции над центральным и отражает соответствие между уровнем функционирования синусового узла и симпатической активностью, ИН указывает на степень влияния нервной системы на работу сердца и характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура

регуляции. Известно, что увеличение значений данных индексов наблюдается при превалировании симпатических, а уменьшение – вагусных влияний на ритм сердца.

Таблица 3 – Показатели кардиоинтервалографии (по Баевскому Р.М.) variability сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ (фоновая проба, женщины)

Показатели	Фазы МЦ				
	I	II	III	IV	V
Mo, с	0,94±0,19	0,92±0,15	0,88±0,12	0,92±0,09	0,84±0,14
АМо, %	38,86±11,52	36,14±7,91*	36,85±8,95*	33,22±9,05**	45,59±10,15
Me, с	0,91±0,21	0,92±0,14	0,87±0,12	0,92±0,08	0,82±0,13
ВР, с	0,26±0,13	0,27±0,11	0,27±0,10	0,29±0,11	0,25±0,13
ИВР, у.е.	215,10±210,14	153,52±65,49	161,90±92,24	138,36±80,80*	232,27±128,99
ПАПР, у.е.	43,99±17,92	40,42±12,13*	43,22±13,59	36,79±11,42**	57,63±21,13
ВПР, у.е.	5,62±4,20	4,54±1,61	4,87±2,07	4,26±1,64	6,08±2,98
ИН, у.е.	128,09±141,25	86,48±43,13*	96,79±61,82	77,08±46,42*	146,86±90,80

\* Авторский расчет

\* - (p<0,05), \*\* - (p<0,01) – достоверные изменения результатов, по сравнению с предменструальной фазой МЦ.

Следовательно, самые высокие показатели ИВР, ПАПР, ВПР и ИН получены нами в предменструальную (232,27±128,99, 57,63±21,13, 6,08±2,98, 146,86±90,80 у.е. (соответственно)) и менструальную (215,10±210,14, 43,99±17,92, 5,62±4,20, 128,09±141,25 у.е.), самые низкие в постовуляторную (138,36±80,80 (p<0,05), 36,79±11,42 (p<0,01), 4,26±1,64, 77,08±46,42 (p<0,05) у.е.), постменструальную (153,52±65,49, 40,42±12,13 (p<0,05), 4,54±1,61, 86,48±43,13 (p<0,05) у.е.) и овуляторную (161,90±92,24, 43,22±13,59, 4,87±2,07, 96,79±61,82 у.е.) фазы МЦ, что свидетельствует о снижении степени напряжения регуляторных систем и повышении функциональных возможностей ССС спортсменок в эти фазы.

Учитывая то, что бег на средние дистанции – циклический вид спорта, развивающий преимущественно аэробно–анаэробную выносливость и вследствие формирования структурного следа долговременной адаптации к физическим нагрузкам у спортсменок преобладают регуляторные влияния блуждающего нерва на сердце. Нами отмечено выраженное преобладание вклада HF компонента в течении МЦ, что является подтверждением преобладания тонуса парасимпатического отдела нервной системы, особенно в постовуляторную, менструальную и постменструальную фазы МЦ.

Известно, что чем выше значения TP, HF, Mo, RMSSD, SDNN и pNN50, тем активнее звено парасимпатической регуляции и тем соответственно ниже значение VLF, LF ЧСС, АМо, ИВР, ПАПР, ВПР и ИН а, следовательно и меньше степень напряжения регуляторных систем.

Таким образом, в постовуляторную и постменструальную фазы МЦ высокая сопряженная активность центральных структур управления и парасимпатического отдела ВНС спортсменок свидетельствует о том, что системы регулирования организма находятся в оптимальном состоянии и отражают высокие энергетические и резервные возможности организма.

VLF характеризует активность симпатического отдела ВНС, является индикатором процесса метаболизма и отражает энергодефицитные состояния. При выраженном преобладании центральных механизмов регуляции мощность VLF–волн резко снижается. Высокий по сравнению с нормой уровень VLF можно трактовать как гипердадаптивное состояние, сниженный уровень VLF указывает на энергодефицитное состояние.

Как показали результаты нашего исследования, значительное увеличение вклада VLF компонента в суммарную мощность спектра сердечного ритма спортсменок в фазу овуляции (32,81±17,32 %) по сравнению с другими фазами МЦ может свидетельствовать о высокой концентрации эстрогенов и прогестерона в крови. Учитывая тот факт, что во второй половине МЦ происходит резкое изменение соотношений между концентрацией в крови эстрогенов и прогестерона, то такое воздействие на структуры синусового узла может влиять на R–R интервалы в связи с изменением метаболизма миокарда. Из этого следует, что преобладание вклада VLF компонента в суммарную мощность спектра сердечного ритма спортсменок может свидетельствовать об изменении секреторной активности женских гонад в фазу овуляции. Понижение значений TP, HF, Mo, RMSSD, SDNN и pNN50, а, следовательно и звена парасимпатической регуляции и повышение

значений VLF, ЧСС, АМо, ИВР, ПАПР, ВПР и ИН свидетельствует о незначительном повышении степени напряжения регуляторных систем в овуляторную фазу, по сравнению с постовуляторной и постменструальной фазами МЦ.

Достоверное понижение значений TP, HF, RMSSD, SDNN и pNN50, и, как следствие понижение звена парасимпатической регуляции и повышение значений LF, ЧСС, АМо, ИВР, ПАПР, ВПР и ИН свидетельствует о значительном повышении степени напряжения регуляторных систем и функциональных возможностей ССС спортсменок в предменструальную и менструальную фазы, по сравнению с постовуляторной и постменструальной фазами МЦ.

Таким образом, результаты изменения функционального состояния ССС у спортсменок, специализирующихся в беге на средние дистанции, на протяжении МЦ позволят планировать применение больших и значительных физических нагрузок в мезоциклах, повысить эффективность тренировочного процесса и сберечь их здоровье.

#### **Выводы.**

1. Проведенные нами исследования спектрального анализа сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ показали, что суммарная мощность спектра (TP), которая отражает уровень активности регуляторных систем, самая высокая в постовуляторную ( $4116,85 \pm 2904,74 \text{ мс}^2$ ) и постменструальную ( $3815,23 \pm 3314,35 \text{ мс}^2$ ) фазы, низкая в менструальную ( $3453,08 \pm 3215,19 \text{ мс}^2$ ), овуляторную ( $3328,54 \pm 2176,05 \text{ мс}^2$ ) и предменструальную ( $2173,23 \pm 1259,90 \text{ мс}^2$ , ( $p < 0,05$ , по сравнению с постовуляторной)) фазы МЦ.

2. Исследования вклада HF, LF и VLF компонентов в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок свидетельствуют, что преобладание HF компонента достоверно выше в постовуляторную фазу ( $2128,08 \pm 1475,82 \text{ мс}^2$ ,  $53,11 \pm 14,99 \%$ , ( $p < 0,05$ , по сравнению с предменструальной), в менструальную ( $1899,68 \pm 2079,98 \text{ мс}^2$  и  $49,85 \pm 17,95 \%$ ) и постменструальную фазы наблюдается постепенное снижение и ( $1828,62 \pm 1644,41 \text{ мс}^2$  и  $47,67 \pm 11,53 \%$ ). В овуляторную ( $1424,00 \pm 1183,36 \text{ мс}^2$  и  $43,40 \pm 16,93 \%$ ) и предменструальную фазы МЦ влияние HF компонента значительно снижается ( $1003,30 \pm 761,44 \text{ мс}^2$ ,  $43,38 \pm 16,17 \%$ ).

3. Нами выявлено, что преобладание вклада HF компонента суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок, особенно в постовуляторную, менструальную и постменструальную фазы МЦ, существенно влияет на частоту сердечных сокращений (ЧСС) спортсменок и нами отмечены значительно ниже эти показатели ( $65,23 \pm 5,43 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$  ( $p < 0,05$ ),  $65,77 \pm 9,85 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$  и  $66,00 \pm 9,71 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$  (соответственно)) по сравнению с овуляторной ( $69,31 \pm 8,84 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$ ), и предменструальной ( $73,69 \pm 12,41 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$ ) фазами МЦ, в которых наблюдается увеличение вклада LF и VLF компонентов.

4. Установлено, что у спортсменок показатели RMSSD, pNN50 и SDNN достоверно выше в постовуляторную фазу ( $70,15 \pm 29,96 \text{ мс}$ ,  $46,08 \pm 17,91 \%$  и  $61,08 \pm 22,66 \text{ мс}$ ) и значительно выше в менструальную ( $66,31 \pm 41,70 \text{ мс}$ ,  $38,20 \pm 21,99 \%$  и  $55,46 \pm 28,18 \text{ мс}$ ), постменструальную ( $60,31 \pm 26,19 \text{ мс}$ ,  $36,77 \pm 17,83 \%$  и  $58,00 \pm 23,00 \text{ мс}$ ), и овуляторную ( $53,23 \pm 24,72 \text{ мс}$ ,  $31,92 \pm 20,74 \%$  и  $53,54 \pm 18,52 \text{ мс}$ ), по сравнению с предменструальной ( $43,31 \pm 21,82 \text{ мс}$ ,  $21,31 \pm 18,78$ ; и  $42,77 \pm 14,68 \text{ мс}$  (RMSSD, pNN50 и SDNN, соответственно)). Рост этих показателей указывают на преобладание парасимпатических влияний на ритм сердца.

5. Нами наблюдалось увеличение Мо в менструальную ( $0,94 \pm 0,19 \text{ с}$ ), постменструальную ( $0,92 \pm 0,15 \text{ с}$ ) и постовуляторную ( $0,92 \pm 0,09 \text{ с}$ ) фазы МЦ. Достоверное снижение АМо – в постменструальную ( $36,14 \pm 7,91 \%$ , ( $p < 0,05$ )), овуляторную ( $36,85 \pm 8,95 \%$ , ( $p < 0,05$ )) и постовуляторную ( $33,22 \pm 9,05 \%$ , ( $p < 0,01$ )) фазы, что свидетельствует о повышении функционального состояния ССС в эти фазы, по сравнению с предменструальной ( $45,59 \pm 10,15 \%$ ) фазой МЦ. Понижение функционального состояния ССС нами было зафиксировано в предменструальную фазу: понизились показатели Мо –  $0,84 \pm 0,14 \text{ с}$  и повысились показатели АМо –  $45,59 \pm 10,15 \%$  и ЧСС  $73,69 \pm 12,41 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$ .

6. Установлено, что самые высокие показатели ИВР, ПАПР, ВПР и ИН получены нами в предменструальную ( $232,27 \pm 128,99$ ,  $57,63 \pm 21,13$ ,  $6,08 \pm 2,98$ ,  $146,86 \pm 90,80 \text{ у.е.}$  (соответственно)) и менструальную ( $215,10 \pm 210,14$ ,  $43,99 \pm 17,92$ ,  $5,62 \pm 4,20$ ,  $128,09 \pm 141,25 \text{ у.е.}$ ), самые низкие в постовуляторную ( $138,36 \pm 80,80$  ( $p < 0,05$ ),  $36,79 \pm 11,42$  ( $p < 0,01$ ),  $4,26 \pm 1,64$ ,  $77,08 \pm 46,42$  ( $p < 0,05$ ) у.е.), постменструальную ( $153,52 \pm 65,49$ ,  $40,42 \pm 12,13$  ( $p < 0,05$ ),  $4,54 \pm 1,61$ ,  $86,48 \pm 43,13$  ( $p < 0,05$ ) у.е.) и овуляторную ( $161,90 \pm 92,24$ ,  $43,22 \pm 13,59$ ,  $4,87 \pm 2,07$ ,  $96,79 \pm 61,82 \text{ у.е.}$ ) фазы МЦ, что свидетельствует о снижении степени напряжения регуляторных систем и повышении функциональных возможностей ССС спортсменок в эти фазы.

7. Результаты изменения функционального состояния ССС у спортсменок, специализирующихся в беге на средние дистанции, на протяжении МЦ позволят планировать применение больших и значительных физических нагрузок в мезоциклах и повысить эффективность тренировочного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский, Р.М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика / Р.М. Баевский // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – № 1. – С. 54–64.
2. Variability сердечного ритма: стандарты измерения, интерпретации, клинического использования: Доклад Рабочей группы Европейского общества кардиологии и Североамериканского общества кардиостимуляции и электрофизиологии // Вестник аритмологии. – 1999. – № 11. – С. 53–78.
3. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение : [тез. докл. IV всерос. Симп. / отв. Ред. Н. И. Шлык, Р. М. Баевский]. – Ижевск, 2008. – 344 с.
4. Шахлина, Л. Я.–Г. Медико–биологические основы спортивной тренировки женщин / Л.Я.–Г. Шахлина. – К. : Наукова думка. – 2001. – 326 с.
5. Шлык, Н.И. Ритм сердца и тип вегетативной регуляции у спортсменок в беге на средние дистанции в тренировочном процессе / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. – 2010. – №3–4(34–35). – С. 17–23.
6. Коваленко, С.О. Індивідуальні особливості хвильової структури серцевого ритму при дозованому фізичному навантаженні / С.О. Коваленко // Спортивна медицина. – 2006. – №1. – С. 3–9.
7. Котельников, С.А. Variability ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак [и др.] // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 130–143.
8. Михайлов, В.М. Variability ритма сердца. Опыт практического применения / В.М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 119 с.
9. Heart rate variability in elite American track–and–field athletes / D. J. Berkoff [et al.] // J. Strength Cond. Res. 2007. – Vol. 21. – № 1. – P. 227–231.
10. Sports medical aspects in cardiac risk stratification – Heart rate variability and exercise capacity/ W. Banzer, K. Lucki M. Burklein [et al.] // Herzschrittmacherther Electrophysiol. – 2006. – № 17(4). – P.197–204.

### ANALYSIS OF THE HEART RATE VARIABILITY FOR WOMEN, SPECIALIZING IN MIDDLE DISTANCE RUNNING

*O.B. RODA, S.V. KALYTKA*

#### *Summary*

The article presents the results of studies of the heart rate variability for women, specializing in the middle distance running, at different phases of the menstrual cycle (MC). The results of heart rate spectral analysis indicate that during the MC the contribution of HF component is dominated, at the premenstrual phase the LF contribution is increased and an ovulatory phase is dominated by the contribution of VLF component in the total power spectrum. According to the geometric analysis results: the increase of Mo in menstrual, postmenstrual and postovulatory phases of the MC, the reduction of AMo – in postmenstrual, ovulatory and postovulatory phases, indicates the HR functional state increase in these phases. Decrease of the HR functional state in the premenstrual phase was noted: Mo rates have dropped, and AMo – increased. IT indicators of regulatory systems have increased in menstrual and premenstrual phases of the MC. In this regard, we have recommended the use of significant and strenuous exercise with the consideration of female athletes' HR functional state in different phases of the MC.

**Key words:** heart rate variability, spectral analysis, athletes, menstrual cycle, exercise, middle distance running.

© Рода О. Калитка С.

*Поступила в редакцию 1 апреля 2014г.*