

# АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЖЕНЩИН, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В СПОРТИВНОЙ ХОДЬБЕ, НА ПРОТЯЖЕНИИ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА

С.В. Калитка

Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки

Оценка функционального состояния организма, его адаптационных резервов представляет собой одну из серьезных проблем, имеющих отношение к решению наиболее важных задач подготовки 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 [8].

Сердечно-сосудистая система (ССС), являясь важнейшим звеном, лимитирующим развитие приспособительных реакций организма, одновременно может служить индикатором адаптационно-приспособительных реакций в ответ на физическую нагрузку [1, 4]. Информацию о функциональном состоянии организма можно получить, изучая механизмы регуляции ритма сердечных сокращений [2, 3, 5]. Изменения параметров ритма сердца отражают адаптационные возможности регуляторных систем организма и динамику их развития [6, 7].

Многими исследователями доказано, что достижение высоких спортивных результатов неразрывно связано с эффективностью тренировочного процесса спортсменов, при этом одним из наиболее важных принципов является соответствие нагрузок функциональному состоянию на данный момент времени, то есть сочетание тренировок и периодов отдыха спортсмена.

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. Правильно сбалансированная регуляция позволяет спортсмену при наличии должного уровня мотивации максимально использовать свои функциональные возможности, обеспечивает необходимую экономизацию функций при работе на выносливость и определяет фазу восстановительных процессов.

Как правило, нарушение вегетативной регуляции ССС служит ранним признаком срыва адаптации организма к нагрузкам и ведет к снижению работоспособности. 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 [7].

ВРС является интегральным показателем функционального состояния ССС и организма в целом. Низкие показатели ВРС, 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 ВРС. Среди них выделяют методы временного анализа, вариационную пульсометрию, методы частотного анализа. Временной и спектральный анализ ВРС позволяет получить наиболее ценную информацию о функциональном состоянии спортсменов в конкретный период

времени и в зависимости от его уровня своевременно корректировать тренировочный процесс. Из этого следует, что использование методов временного и спектрального анализа ВРС в практике подготовки спортсменов высокого уровня является необходимым и перспективным.

Известно, что 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 [4]. Многими авторами были описаны изменения общей и специальной работоспособности, функциональных возможностей, восстановления спортсменок после выполнения нагрузок в разные фазы менструального цикла (МЦ). 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.

В спортивной ходьбе при адаптации к большим физическим нагрузкам высокой интенсивности и продолжительности (при возникновении кислородного дефицита) наиболее уязвимой оказывается ССС, что часто приводит к перетренированности и срыву адаптации. Поэтому в тренировочном процессе женщин особое значение должно придаваться контролю функционального состояния ССС в разные фазы МЦ для более глубокого изучения адаптационных процессов их организма к большим тренировочным и соревновательным нагрузкам.

**Целью** нашего исследования являлось изучение особенностей ВРС у спортсменок, специализирующихся в спортивной ходьбе, в разные фазы МЦ.

**Методы исследования.** Обследовано 6 женщин (36 наблюдений), специализирующихся в спортивной ходьбе, в возрасте от 17 до 28 лет с 28–32 дневным МЦ, имеющих квалификацию 1 разряда, кандидата в мастера спорта, мастера спорта и мастера спорта международного класса. 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 концентрацию эстрадиола и прогестерона в сыворотке крови.

Был проведен анализ показателей ВРС путем записи ЭКГ квалифицированных спортсменов, проходивших обследование с использованием программноаппаратного комплекса «Поли–Спектр» в 2009–2011 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, 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): Мо (мода – наиболее часто встречающиеся значения RR–интервала), АМо (амплитуда моды – процент кардиоинтервалов RR, соответствующий значению моды), ВР (вариационный размах – разность между длительностью наибольшего и наименьшего RR–интервала) и рассчитываемые на их основе индексы, предложенные Р.М. Баевским, нашедшие широкое применение для оценки процессов регуляции и степени адаптации сердечно–сосудистой системы к агрессивным факторам: ИВР – индекс вегетативного равновесия ( $ИВР = АМо/ВР$ ); ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции ( $ПАПР = АМо/Мо$ ); ВПР

– вегетативный показатель ритма ( $VPR = 1/Mo \cdot BP$ ); 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 Statistica 6,0.

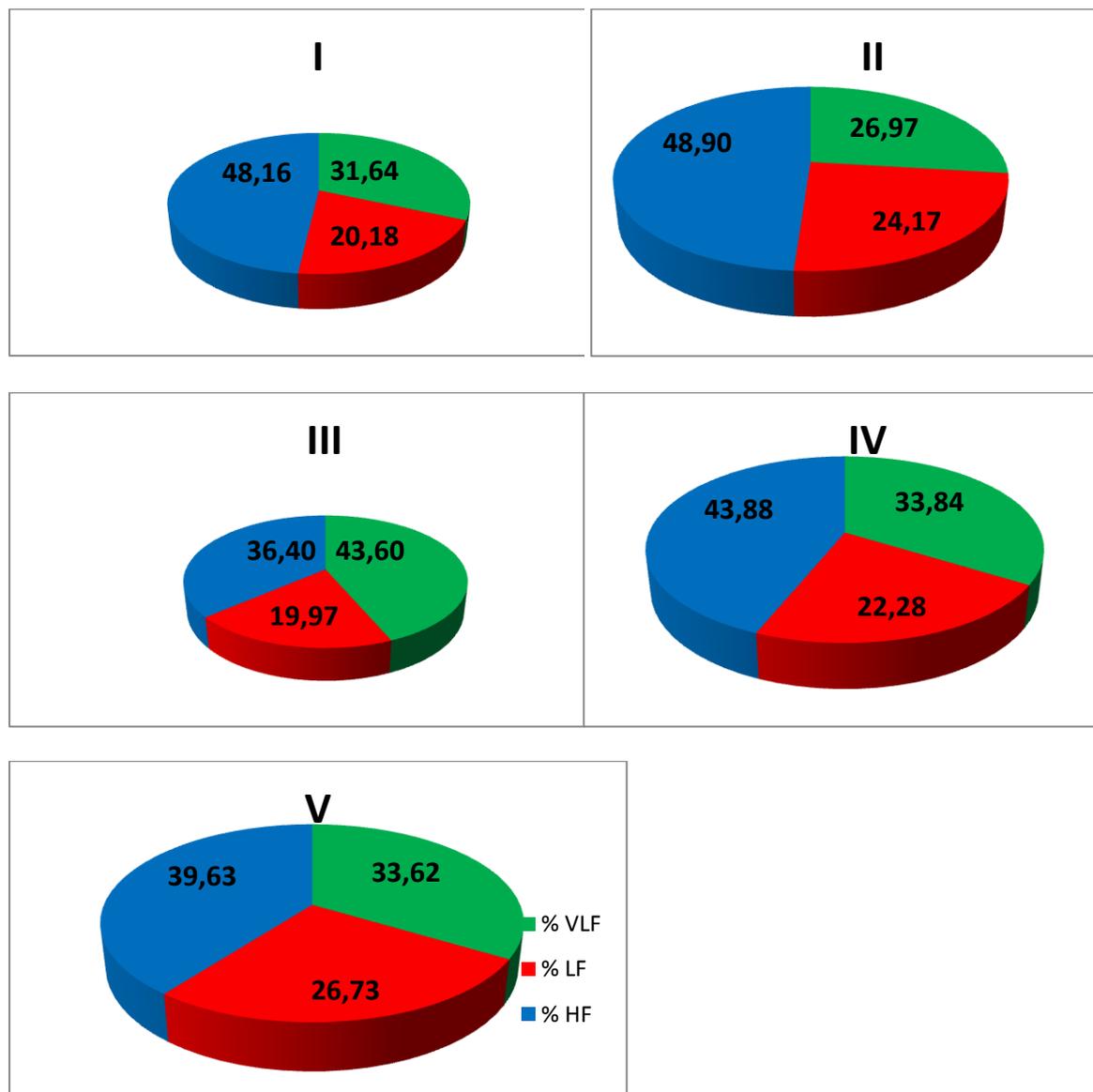
**Результаты и обсуждение.** Повышение эффективности использования больших физических нагрузок в сочетании их с другими экзогенными и эндогенными воздействиями является одной из важнейших проблем современного спорта. Известно, что эндогенные гормональные перестройки, происходящие на протяжении МЦ, влияют на самочувствие, функциональные возможности, работоспособность и, как следствие, спортивный результат. Учитывая то, что в первой половине МЦ преобладает тонус парасимпатического отдела нервной системы, а во второй его половине усиливается тонус симпатического звена регуляции, 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 в менструальную и постменструальную фазы наблюдается преобладание HF компонента ( $48,16 \pm 8,28$  % и  $48,90 \pm 9,90$  % соответственно) (рис. 1). В овуляторную, постовуляторную и предменструальную фазы МЦ влияние HF компонента достоверно снижается ( $p < 0,05$ ) ( $36,40 \pm 9,75$  %,  $43,88 \pm 8,95$  % и  $39,63 \pm 13,90$  % соответственно) и увеличивается вклад LF и VLF компонентов в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок. Вклад LF компонента достоверно выше ( $p < 0,05$ ) в предменструальную фазу МЦ ( $26,73 \pm 7,03$  %) по сравнению с менструальной и овуляторной фазами ( $20,18 \pm 3,85$  % и  $19,97 \pm 3,97$  % соответственно), тогда как вклад VLF компонента достоверно выше ( $p < 0,05$ ) в овуляторную фазу ( $43,60 \pm 13,30$  %) по сравнению с менструальной, постменструальной, постовуляторной и предменструальной фазами ( $31,64 \pm 8,86$  %,  $26,97 \pm 8,82$  %,  $33,84 \pm 1,34$  % и  $33,62 \pm 9,13$  % соответственно).

Учитывая то, что спортивная ходьба – циклический вид спорта, развивающий преимущественно аэробную выносливость, то у спортсменок, вследствие формирования структурного следа долговременной адаптации к физическим нагрузкам преобладают регуляторные влияния блуждающего нерва на сердце. Нами отмечено выраженное преобладание вклада HF компонента в течение МЦ, что является подтверждением преобладания тонуса парасимпатического отдела нервной системы, особенно в первой половине МЦ. 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  $0,45 \pm 0,11$ , в постменструальную –  $0,57 \pm 0,17$ , в овуляторную –  $0,59 \pm 0,08$ , в постовуляторную –  $0,62 \pm 0,29$  и предменструальную –  $0,93 \pm 0,46$ . Преобладание вклада HF компонента, особенно в первой половине МЦ, существенно влияет на частоту сердечных сокращений (ЧСС) спортсменок и нами отмечены достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) показатели в менструальную ( $58,50 \pm 4,53$  уд·мин<sup>-1</sup>) и постменструальную ( $54,00 \pm 7,00$  уд·мин<sup>-1</sup>) по сравнению с овуляторной ( $66,00 \pm 6,50$  уд·мин<sup>-1</sup>), постовуляторной ( $66,20 \pm 2,87$  уд·мин<sup>-1</sup>) и предменструальной ( $65,67 \pm 7,43$  уд·мин<sup>-1</sup>).

Как показали результаты нашего исследования, значительное увеличение вклада VLF компонента в суммарную мощность спектра сердечного ритма спортсменок во второй половине МЦ и, особенно в фазу овуляции ( $43,60 \pm 13,30$  %) 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 сер-

дечного ритма спортсменок может свидетельствовать об изменении секреторной активности женских гонад в определенных фазах МЦ.



**Рисунок – Изменение вклада (%) высокочастотного (HF), низкочастотного (LF) и очень низкочастотного (VLF) компонентов в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ.**

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 ( $1,04 \pm 0,09$  с) и постменструальную ( $1,15 \pm 0,12$ ) фазы МЦ, уменьшение АМо – в постменструальную ( $31,00 \pm 1,80$  %) и овуляторную ( $33,20 \pm 5,50$  %), что свидетельствует о повышении функционального состояния ССС в эти фазы. Понижение функционального состояния ССС нами было зафиксировано в предменструальную фазу: показатели Мо понизились –  $0,94 \pm 0,011$  с, а АМо повысились –  $48,67 \pm 12,27$  %.

Увеличение ИН указывает на напряжение регуляторных механизмов и увеличении активности симпатического канала регуляции и уменьшении активности парасимпатического и гуморального каналов ВНС. Нами установлено, что самые низкие показатели ИН у спортсменок были в менструальную ( $69,32 \pm 31,55$  усл.ед), постменструальную

(55,83±14,48 у.е) и овуляторную (98,07±44,97 у.е) фазы, что свидетельствует о уменьшении напряжения кардиорегуляции, по сравнению с постовуляторной (120,66±50,23 у.е) и предменструальной (160,62±61,87 у.е) фазами.

Таким образом, выявленное нами увеличение ИН, уменьшение вклада HF компонента, увеличение вклада LF и VLF компонентов в предменструальной фазе МЦ свидетельствует об усилении симпатического и гуморального звена регуляции на сердечный ритм на фоне падения эстрогенной насыщенности крови спортсменов.

Таблица – Показатели вариабельности сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ

Показатели	Фазы МЦ				
	I	II	III	IV	V
TP, мс <sup>2</sup>	3628,20±1096,80	2657,33±208,17	2926,33±769,67	2434,20±1047,53	1905,83±975,24
VLF, мс <sup>2</sup>	1077,80±361,13	711,00±249,00	1292,67±659,67	818,20±333,87	524,00±178,86
LF, мс <sup>2</sup>	751,00±294,67	633,67±39,17	589,67±217,67	547,40±320,07	436,83±193,24
HF, мс <sup>2</sup>	1799,40±683,07	1313,33±338,33	1044,67±460,67	1069,00±515,33	945,33±726,95
LF norm, п.у.	30,22±5,14	34,77±6,32	36,87±3,12	26,21±12,99	42,75±13,61
HF norm, п.у.	69,78±5,41	65,23±6,32	63,13±3,12	65,80±12,13	57,25±13,61
LF/HF	0,45±0,011	0,57±0,17	0,59±0,08	0,62±0,29	0,93±0,46
R–R min, мс	890,00±68,67	1020,00±123,50	795,67±93,17	804,20±25,80	834,83±100,67
R–R max, мс	1196,40±104,4	1282,00±141,00	1052,00±108,0	1018,00±60,00	1039,83±119,86
RRNN, мс	1040,40±92,87	1148,00±132,50	929,00±100,00	908,00±37,67	936,00±112,00
SDNN, мс	62,40±10,60	56,67±3,83	55,00±10,00	48,20±10,20	41,83±12,95
RMSSD, мс	73,20±12,47	72,33±10,83	58,00±14,50	55,60±13,40	47,67±23,90
pNN50, %	46,60±12,97	54,43±6,03	35,83±12,88	39,47±15,30	27,35±21,63
CV, %	5,97±0,78	4,99±0,26	5,93±0,85	5,24±0,90	4,43±0,94
ЧСС, уд./мин.	59,00±4,33	54,00±7,00	66,00±6,50	66,40±2,73	65,67±7,43
M, с	1,04±0,09	1,15±0,13	0,93±0,10	0,91±0,04	0,94±–0,11
СК, с <sup>2</sup>	0,06±0,01	0,06±0,001	0,05±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01
Mo, с	1,04±0,09	1,15±0,12	0,94±0,11	0,89±0,03	0,94±0,11
АМо, %	37,06±9,26	31,00±1,80	33,20±5,50	37,70±7,47	48,67±12,27
Me, с	1,03±0,09	1,14±0,13	0,93±0,10	0,90±0,04	0,92±0,12
BP, с	0,31±0,05	0,26±0,02	0,23±0,04	0,21±0,04	0,20±0,04
ИВР, у.е.	137,12±55,92	120,33±15,83	169,30±66,35	208,78±82,81	288,48±103,73
ПАПР, у.е.	36,56±11,03	28,20±5,15	37,17±8,92	43,02±9,49	54,10±16,03
ВПП, у.е.	3,52±0,88	3,53±0,69	5,38±1,58	5,88±1,35	6,08±1,33
ИН, у.е.	69,32±31,55	55,83±14,48	98,07±44,97	120,66±50,23	160,62±61,87

## Выводы

1. Проведенные нами исследования спектрального анализа сердечного ритма спортсменок в разные фазы МЦ показали, что в суммарной мощности спектра в менструальную и постменструальную фазы наблюдается преобладание HF компонента (48,16±8,28 % и 48,90±9,90 % соответственно). В овуляторную, постовуляторную и предменструальную фазы МЦ влияние HF компонента достоверно снижается ( $p<0,05$ ) (36,40±9,75 %, 43,88±8,95 % и 39,63±13,90 соответственно) и увеличивается вклад LF и VLF компонентов в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок. Вклад LF компонента достоверно выше ( $p<0,05$ ) в предменструальную фазу МЦ (26,73±7,03 %) по сравнению с менструальной и овуляторной фазами (20,18±3,85 % и 19,97±3,97 % соответственно), тогда как вклад VLF компонента достоверно выше ( $p<0,05$ ) в овуляторную фазу (43,60±13,30 %) по сравнению с менструальной, постменструальной, постовуляторной и предменструальной фазами (31,64±8,86 %, 26,97±8,82 %, 33,84±1,34 % и 33,62±9,13 % соответственно).

2. Установлено увеличение Mo в менструальную (1,04±0,09 с) и постменструальную (1,15±0,12 с) фазы МЦ, уменьшение АМо – в постменструальную (31,00±1,80 %) и овуляторную (33,20±5,50 %), что свидетельствует о повышении функционального состояния ССС в эти фазы. Понижение функционального состояния ССС нами было отмечено в предменструальную фазу: показатели Mo понизились – 0,94±0,011 с, а АМо повысились – 48,67±12,27 %.

3. Нами установлено, что самые низкие показатели ИН у спортсменок были в менструальную ( $69,32 \pm 31,55$  усл.ед), постменструальную ( $55,83 \pm 14,48$  у.е) и овуляторную ( $98,07 \pm 44,97$  у.е) фазы, что свидетельствует о уменьшении напряжения кардиорегуляции, по сравнению с постовулярной ( $120,66 \pm 50,23$  у.е) и предменструальной ( $160,62 \pm 61,87$  у.е) фазами.

4. Результаты изменения функционального состояния ССС у спортсменок, специализирующихся в спортивной ходьбе, на протяжении МЦ позволят планировать применение больших и значительных физических нагрузок в мезоциклах и повысить эффективность тренировочного процесса.

### **Литература**

1. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика/ Р. М. Баевский // Клиническая информатика и телемедицина.– 2004.–№ 1.– С. 54–64.

2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001,3, с.106–127

3. Вариабельность 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.

4. Шахлина Л. Я.–Г. Медико–биологические основы спортивной тренировки женщин / Шахлина Л. Я.–Г. – К.: Наукова думка, 2001. – 326 с.

5. Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н. 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. Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Одинак М.М. и др. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах //Физиология человека, 2002. Т. 28. № 1. С. 130–143.

7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения. Иваново, 2000. 119 с.

8. Sports medical aspects in cardiac risk stratification– Heart rate variability and exercise capacity/ W. Banzer, K. Lucki M. Burklein [at oll] // Herzschrittmacherther Electrophysiol.– 2006. –№ 17(4).– P.197–204.