

УДК 612.1/.6:796.015

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА СПОРТСМЕНОК В РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА

Погодина С.В., Юферев В.С.

*Таврический национальный университет им. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: yuvser@live.ru*

В статье обсуждаются особенности variability сердечного ритма спортсменок в различных фазах менструального цикла. По результатам спектрального анализа сердечного ритма показано, что в течение менструального цикла (МЦ) преобладают вклады высокочастотного (HF) и сверхнизкочастотного компонентов (VLF). Выявлена значительная степень взаимосвязи между VLF-компонентом и концентрацией эстрадиола в сыворотке крови спортсменок в постовуляторных фазах МЦ. По результатам геометрического анализа фрагментов ЭКГ показано, что значительное увеличение амплитуды моды наблюдается в предменструальной и менструальной фазах. Индекс напряжения регуляторных систем значительно увеличивается перед менструацией. В этой связи рекомендуется применять значительные и большие физические нагрузки с учетом функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменок в различных фазах МЦ.

Ключевые слова: сердечный ритм, спектральный анализ, спортсменки, менструальный цикл, физические нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем современного спорта является проблема повышения эффективности использования больших и значительных физических нагрузок, что впоследствии дает возможность получить эффект суперкомпенсации функций [1]. Однако, в большинстве случаев, данный эффект возможен лишь при условии, что доза физической нагрузки будет приходиться на фазу повышенной работоспособности (и в данном случае исчерпание функциональных резервов будет наиболее глубоким) [2]. В этой связи, в женском спорте, применение больших и физических нагрузок ограничено рамками менструального цикла, а в частности лишь теми его фазами, в которых физическая работоспособность повышена [1, 3].

В свою очередь в циклических видах спорта при адаптации к физическим нагрузкам высокой интенсивности или большой продолжительности (например, при возникновении кислородного дефицита) наиболее уязвимой оказывается сердечно-сосудистая система. И в тренировочном процессе женщин-спортсменок большое значение должно придаваться контролю функционального состояния сердечно-сосудистой системы в различных фазах менструального цикла [4]. Одним из информативных и прогностических критериев, характеризующим эффективность адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам является сердечный ритм, который отражает изменения в управляющих механизмах вегетативной нервной системы, и характеризует активность ее регулирующих

каналов в определенных функциональных состояниях [5–7]. В этой связи целью работы явилось изучение особенностей variability сердечного ритма в различных фазах менструального цикла спортсменок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 12 легкоатлетов-добровольцев в возрасте 18-20 лет с 28-32-дневным менструальным циклом, имеющих квалификацию 1 взрослого разряда и кандидата в мастера спорта. В исследованиях принимали участие спортсменки, не принимающие противозачаточные препараты. Variability сердечного ритма изучали путем записи ЭКГ, а в частности ее 5-минутных фрагментов. Запись и обработка ЭКГ производилась с помощью портативного четырехканального реографа РЕОКОМ стандарт. Для обработки фрагментов ЭКГ применяли геометрический и спектральный анализ [8], а также метод вариационной пульсометрии [5]. В качестве исследуемых показателей геометрического анализа использовали – моду (Mo), амплитуду моды (AMo). Исследуемыми показателями спектрального анализа явились вклады высокочастотного (HF), низкочастотного (LF) и очень низкочастотного (VLF) компонентов в суммарную мощность спектра сердечного ритма, выраженные в %. При обработке ЭКГ методом вариационной пульсометрии в качестве основного исследуемого показателя использовали индекс напряжения регуляторных систем (ИН). Исследования проводили в различных фазах МЦ, а именно: 1 фаза – менструальная (1, 2 день от начала МЦ), 2 фаза – постменструальная (8-9 день от начала МЦ), 3 фаза – овуляторная (13-16 день от начала МЦ), 4 фаза – постовуляторная (20-22 день от начала МЦ), 5 фаза – предменструальная, (26-27 день от начала МЦ). Концентрацию эстрадиола в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием набора ESTRADIOL ELISA KIT [9]. Овуляцию определяли по тесту «Овуплан». Все исследуемые показатели изучали как в состоянии покоя, так и после выполнения физической работы ступенчато-возрастающей мощности (W) на велоэргометре [10]. Во время эксперимента все испытуемые освобождались от тренировок. Полученные результаты обработаны статистически.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как уже было сказано выше, одной из важнейших проблем современного спорта является проблема повышения эффективности использования больших физических нагрузок с учетом их комбинации с другими экзогенными и эндогенными воздействиями на организм спортсменов [11]. Также известно, что эндогенные гормональные перестройки, характерные для менструального цикла женщины могут изменить, как приспособительный, так и тренирующий эффекты, предлагаемой дозы физической нагрузки [1]. Если учесть, что в первой половине МЦ преобладает тонус парасимпатической нервной системы, а во второй его половине усиливается тонус симпатического звена регуляции [3], то данные изменения тонуса вегетативной нервной системы должны влиять на механизмы регуляции сердечного ритма спортсменок.

Так, исследования вклада HF, LF и VLF компонентов в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок в различных фазах МЦ показали, что как в покое, так и после физической нагрузки субмаксимальной мощности в первой половине МЦ наблюдается преобладание HF-компонента (его вклад в пределах $44,75 \pm 5,80$, $46,29 \pm 2,93$ %, $p < 0,05$), (рис. 1).

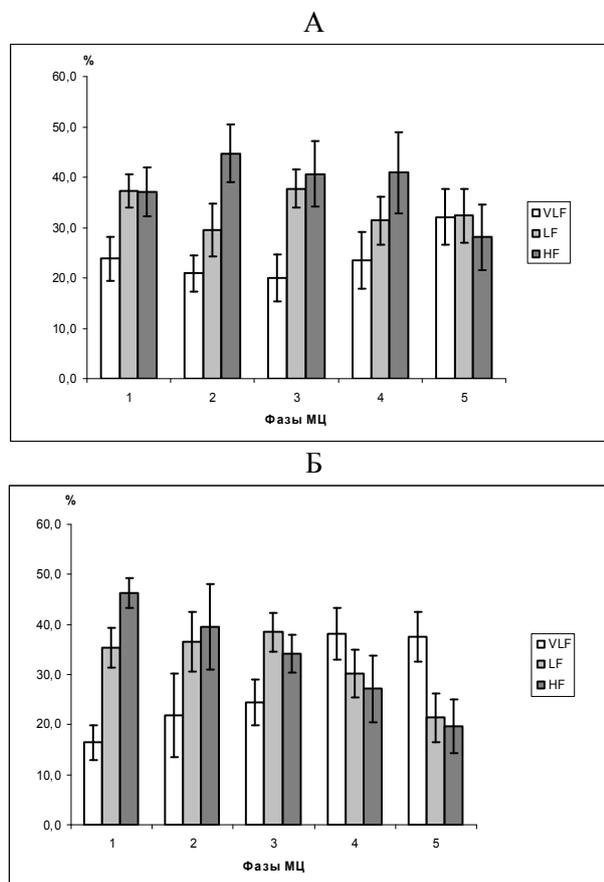


Рис. 1. Изменения вклада (%) высокочастотного (HF), низкочастотного (LF) и очень низкочастотного (VLF) компонентов в суммарную мощность колебаний сердечного ритма спортсменок в различных фазах менструального цикла в покое (А) и после физической нагрузки субмаксимальной мощности (Б).

Тогда как уже в фазе овуляции, а именно после применения физической нагрузки наблюдается тенденция к снижению HF и увеличению VLF- волн, и в предменструальной фазе вклад HF-волн составляет $27,16 \pm 6,69$ %, ($p < 0,05$), а вклад VLF-волн увеличивается до $38,11 \pm 5,15$ %, ($p < 0,01$). В покое HF-компонент достоверно уменьшается лишь к 5 фазе цикла в сравнении со 2-ой фазой, и его вклад в суммарную мощность колебаний сердечного ритма составляет $28,07 \pm 6,58$ % ($p < 0,01$). Что же касается вклада LF-компонента, то в покое его вклад достоверно не

изменяется в течение МЦ, однако после применения физической нагрузки вклад данного компонента достоверно снижается в предменструальной фазе в сравнении с овуляторной (соответственно $21,38 \pm 4,82$ % и $38,44 \pm 3,94$, ($p < 0,01$)). Если учесть, что у спортсменов (особенно тренирующихся в циклических видах спорта), вследствие формирования структурного следа долговременной адаптации к физическим нагрузкам преобладают регуляторные влияния блуждающего нерва на сердце [11], то отмеченные нами выраженные изменения вклада HF-компонента по мере течения МЦ являются подтверждением преобладания тонуса парасимпатического отдела нервной системы, и особенно в первой половине менструального цикла. В свою очередь уменьшение степени мобилизации симпатического звена ВНС в ответ на применение регулярных физических нагрузок [12] может являться причиной слабой выраженности вклада LF-компонента в суммарную мощность спектра сердечного ритма спортсменок в течение МЦ.

Интересным на наш взгляд, является значительное увеличение вклада VLF-компонента в общую мощность спектра сердечного ритма спортсменок во второй половине МЦ особенно после применения физических нагрузок. Если учесть, что постовуляторные фазы МЦ характеризуются резким изменением соотношений между концентрацией в крови эстрогенов и прогестерона, что в предменструальной фазе, прежде всего, выражается падением концентрации в крови эстрадиола (его концентрация в сыворотке крови перед менструацией была наименьшей, соответственно $58,185 \pm 9,149$ пг/мл, $p < 0,01$) [13] и прогестерона [3], то данное эстрогенно-прогестероновое воздействие на структуры синусового узла может влиять на R-R интервалы в связи с изменением метаболизма миокарда [14]. Более того, авторами [15] показано, что появление периодических составляющих в диапазоне сверхнизкочастотных колебаний в спектре сердечного ритма может быть обусловлено гормональными влияниями на сердечную мышцу, что вызвано медленным ритмом секреции данных гормонов. В этой связи преобладание вклада VLF-компонента в общую мощность спектра сердечного ритма спортсменок может свидетельствовать об изменении секреторной активности женских гонад в определенных фазах МЦ. Подтверждением характерного для предменструальной фазы эстрогенно-прогестеронового воздействия на регуляторные механизмы вегетативной регуляции сердечного ритма спортсменок являются выявленные нами, значительная взаимосвязь между показателем концентрации эстрадиола в сыворотке крови и VLF-компонентом в постовуляторных фазах МЦ (табл. 1), и выраженное увеличение АМо и индекса напряжения регуляторных систем перед менструацией. Так в покое АМо увеличилась в предменструальной фазе до $56,33 \pm 7,43$ %, ($p < 0,05$) и после выполнения физической нагрузки до $65,44 \pm 6,85$ %, ($p < 0,01$). Соответственно ИН в предменструальной фазе в покое возрос до $168,67 \pm 29,40$ усл. ед., ($p < 0,01$), и после выполнения физической нагрузки до $222,76 \pm 52,13$ усл. ед., ($p < 0,05$), (рис. 2). Также высокая величина АМо зарегистрирована и во время менструации, и в частности после выполнения физической нагрузки ($70,71 \pm 6,16$ %, ($p < 0,05$)). Многочисленными работами в области спортивной кардиологии показано, что улучшению функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов сопутствует снижение частоты сердечных сокращений, т.е. увеличение показателя Мо и уменьшение его амплитуды [5, 8, 16].

Таблица 1.
Корреляционные связи между спектральными компонентами сердечного ритма спортсменок и концентрацией эстрадиола в сыворотке крови

Фазы менструального цикла	Величины коэффициента корреляции (r)		
	VLF	LF	HF
1	-0,33	0,12	0,20
2	-0,06	0,30	0,35
3	- 0,14	0,11	0,4
4	-0,69*	-0,04	-0,06
5	-0,77*	-0,20	0,14

Примечание: * – $p < 0,05$, 1 – менструальная фаза, 2 – постменструальная фаза, 3 – овуляторная фаза, 4 – постовуляторная фаза, 5 – предменструальная фаза.

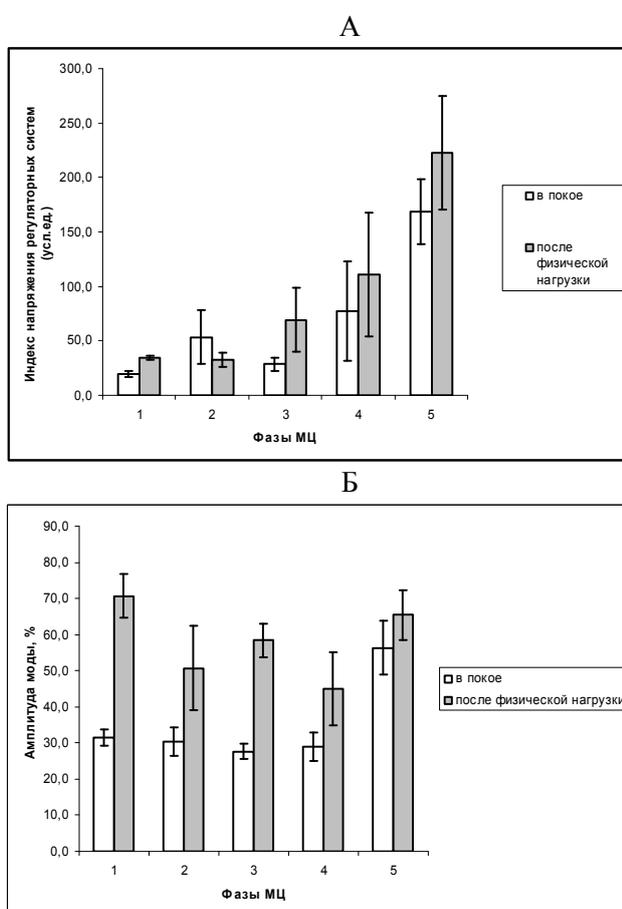


Рис. 2. Динамика АМо (А) и ИН (Б) в различных фазах МЦ спортсменок в покое и после использования физической нагрузки субмаксимальной мощности.

В свою очередь физическая нагрузка сопутствует увеличению показателя АМо, тем не менее, зарегистрированное нами достоверное снижение АМо в постменструальной, и предменструальной и овуляторной фазах свидетельствует об улучшении функционального состояния сердечно-сосудистой системы в данных фазах МЦ. Также, по данным [5] увеличение ИН указывает на напряжение регуляторных механизмов и увеличение активности симпатического канала регуляции и уменьшение активности парасимпатического и гуморального каналов [8].

В этой связи, выявленное нами увеличение ИН в предменструальной фазе МЦ может свидетельствовать об усилении симпатического звена регуляции на фоне падения эстрадиоловой насыщенности. И по нашему мнению, в данном случае показатель ИН является более информативным в отношении изучения воздействия симпатического звена регуляции на сердечный ритм спортсменок в течение МЦ.

ВЫВОДЫ

1. Результаты спектрального анализа сердечного ритма спортсменок в течение МЦ показали, что в суммарной мощности спектра преобладают HF и VLF-компоненты. Причем для первой половины МЦ характерным является преобладание вклада HF-компонента (вклад в пределах $44,75 \pm 5,80$, $46,29 \pm 2,93$ %, $p < 0,05$), что обусловлено усилением парасимпатической активности, характерной для первой половины менструального цикла. Тогда как для постовуляторных фаз МЦ характерным является преобладание вклада VLF-компонента, особенно после применения субмаксимальной физической нагрузки (вклад VLF-волн увеличивается до $38,11 \pm 5,15$ %, $p < 0,01$), что является следствием гормональных влияний (снижение эстрадиоловой насыщенности) на метаболизм миокарда.
2. Выявлена значительная степень взаимосвязи между VLF-компонентом и концентрацией эстрадиола в сыворотке крови спортсменок в постовуляторных фазах МЦ (диапазон r от $-0,69$ до $-0,77$, $p < 0,05$).
3. Результаты геометрического анализа фрагментов ЭКГ выявлено значительное увеличение АМо в предменструальной фазе МЦ. В покое АМо увеличилась до $56,33 \pm 7,43$ %, ($p < 0,05$), а после выполнения физической нагрузки возросла до $65,44 \pm 6,85$ %, ($p < 0,01$). Также после выполнения физической нагрузки высокая величина АМо зарегистрирована и во время менструации ($70,71 \pm 6,16$ %, $p < 0,05$).
4. Также в динамике МЦ спортсменок выявлено значительное повышение индекса напряжения регуляторных систем непосредственно перед менструацией, что является следствием увеличения активности симпатического канала регуляции (в покое ИН возрос до $168,67 \pm 29,40$ усл. ед., ($p < 0,01$), а после выполнения физической нагрузки увеличился до $222,76 \pm 52,13$ усл. ед., ($p < 0,05$)).
5. Полученные результаты позволяют планировать применение больших и значительных физических нагрузок в тренировочных мезоциклах с учетом особенностей функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменок в различных фазах МЦ.

Список литературы

1. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в Олимпийском спорте / Платонов В.Н. – К.: Олимпийская литература, 1997. – 583 с.
2. Кизько А.П. Чередование физического воздействия и отдыха в спортивной тренировке / А.П. Кизько // Теория и практика физической культуры. – 2004. – №12. – С.30–35.
3. Шахлина Л.Я.-Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Шахлина Л.Я.-Г. – Киев.: Наукова думка, 2001. – 326 с.
4. Соха Т. Женский спорт / Соха Т. – М.: «Теория и практика физической культуры», 2002. – 203 с
5. Дембо А.Г. Спортивная кардиология: руководство для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский – Л.: Медицина, 1989. – 464 с.
6. Мамий В.И. Спектральный анализ и интерпретация спектральных составляющих колебаний ритма сердца / В.И. Мамий // Физиология человека. – Т. 32. – 2006. – №2. – С.52–60.
7. Ревина Н.Е. Вариабельность сердечного ритма как вегетативный показатель конфликт-индуцированного поведения человека при эмоциональных нагрузках / Н.Е. Ревина // Физиология человека – Т.32. – 2006. – №2. – С.67–71.
8. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин – М., 1984. – С. 62–76.
9. Эндокринология. Под ред. Н. Лавина. Пер с англ. – М., Практика, 1999. – 1128 с.
10. Физиологическое тестирование спортсмена высокого класса / Под ред. Дж. Дункана Мак-Дугалла, Г.Е. Уинчера, Г.Дж. Грина. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 432 с.
11. Фомин Н.А. Адаптация: общепсихологические и психофизиологические основы / Фомин Н.А. – М.: Теория и практика физической культуры, 2003. – 383 с.
12. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Ю. Пшенникова – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
13. Юферев В.С. Особенности взаимодействия и уровня секреции эстрогенов и глюкокортикоидов в различных фазах менструального цикла спортсменок / В.С. Юферев // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23(62), №3. – С. 219–226.
14. Василенко В.Х. Миокардиострофия / Василенко В.Х., Фельдман С.Б., Хитров Н.К. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.
15. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельников А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак [и др.] // Физиология человека. – Т. 28. – 2002. – №1. – С. 130–143.
16. Баевский Р.М. Статистический, корреляционный и спектральный анализ пульса в физиологии и клинике / Р.М. Баевский, Ю.Н. Вояков, И.Г. Нидеккер – В сб.: Математические методы анализа сердечного ритма. – М.: Наука, 1968. – С. 51–61.

Погодіна С.В. Вариабельність серцевого ритму спортсменок у різних фазах менструального циклу / С.В. Погодіна, В.С. Юферев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 188-195.

У статті обговорюються особливості варіабельності серцевого ритму спортсменок в різних фазах менструального циклу (МЦ). За результатами спектрального аналізу серцевого ритму показано, що протягом МЦ переважають вклади HF і VLF-компонентів. Виявлено значний ступінь взаємозв'язку між VLF-компонентом і концентрацією естрадіолу в сироватці крові спортсменок в постовуляторних фазах МЦ. За результатами геометричного аналізу фрагментів ЕКГ показано, що значне збільшення АМо спостерігається в передменструальній і менструальній фазах. Індекс напруги регуляторних систем значно збільшується перед менструацією. У зв'язку з цим рекомендується застосовувати значні і великі фізичні навантаження з урахуванням функціонального стану серцево-судинної системи спортсменок в різних фазах МЦ.

Ключові слова: серцевий ритм, спектральний аналіз, спортсменки, менструальний цикл, фізичні навантаження.

Pogodina S.V. Heart rate variability athletes in various phases menstrual cycle / S.V. Pogodina, V.S. Yuferev // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 1. – P. 188-195.

The paper discusses the characteristics of heart rate variability in athletes of various phases of the menstrual cycle (MC). According to the results of spectral analysis of heart rate is shown that for MC is dominated by the contributions of HF and VLF-components. Revealed a significant degree of interaction between VLF-component and the concentration of estradiol in serum athletes in postovulatory phases of the MC. According to the results of the geometric analysis of ECG fragments shown that a significant increase is observed in AMO premenstrual and menstrual phases. The index of tension of regulatory systems has significantly increased before menstruation. It is therefore recommended to apply the significant and high physical activity, taking into account the functional state of the cardiovascular system in different phases of the athletes MC.

Keywords: heart rate spectral analysis, athletes, menstrual cycle, physical exercise.

Поступила в редакцию 14.02.2012 г.