

УДК: 612.173+796.071.2-055.25+612.662

Орлик Н. А.

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА СПОРТСМЕНОК 17-22 ЛЕТ В РАЗНЫЕ ФАЗЫ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА

Южноукраинский национальный педагогический университет  
имени К.Д. Ушинского, Одесса, Украина  
e-mail: OrlikN@ukr.net

*Ключевые слова:* спортсменки, менструальный цикл, вариабельность сердечного ритма, гормоны, велоэргометрия.

Успешное выступление на спортивных соревнованиях во многом зависит от рационально построенного тренировочного процесса, на протяжении которого спортсменам необходимо адаптироваться к учебно-тренировочным нагрузкам. Именно степень адаптации к нагрузкам может характеризовать функциональное состояние организма [4; 14].

Известно, что деятельность физиологических и функциональных систем женского организма отлична от таковой деятельности систем мужского организма. Обусловлено это специфическим биологическим ритмом, присущим только женщинам – овариально-менструальным циклом.

Результаты исследований ведущих специалистов в области женского спорта свидетельствуют о зависимости проявления функциональных возможностей от состояния женского организма в различные фазы менструального цикла. Несмотря на многолетние исследования, вопросы о специфике тренировочной и соревновательной деятельности спортсменок в отдельные фазы менструального цикла до сих пор не имеют однозначного решения.

Как показатель резервов адаптационных возможностей, уровня здоровья может рассматриваться сердечно-сосудистая система, которая является наиболее чувствительной к воздействию разнообразных факторов [1; 3; 8]. Уровень активности и адекватности реакций сердечно-сосудистой системы, в частности на физические нагрузки, определяются состоянием регуляторных механизмов, оцениваемым одним из популярных методов – изучением вариабельности сердечного ритма [3-5; 13].

В этой связи определенный научно-теоретический и практический интерес представляет изучение динамики механизмов регуляции сердечной деятельности у представительниц женского спорта на протяжении и в отдельные фазы менструального цикла.

Физическая нагрузка является идеальным и наиболее естественным фактором, позволяющим в полной мере оценить компенсаторно-приспособительные реакции организма [6; 7; 12], адекватность адаптивных

процессов как по абсолютному рабочему уровню экстракардиальных критериев, так и по состоянию регуляторных механизмов [2; 3; 15].

**Целью** работы явилось изучение особенностей variability сердечного ритма спортсменок при выполнении дозированной мышечной нагрузки на протяжении и в отдельные фазы менструального цикла.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании приняли участие 30 спортсменок – студенток факультета физического воспитания в возрасте 17-22 лет, имевших квалификацию от 1 разряда до мастера спорта.

Среди множества классификаций фаз менструального цикла (МЦ) наиболее оптимальной является классификация, предложенная институтом геронтологии АМН Украины, которая заключается в разделении менструального цикла на 5 фаз: менструальная (I), постменструальная (II), овуляторная (III), постовуляторная (IV) и предменструальная (V), в соответствии с которыми и было проведено исследование. С наступлением менархе менструальный цикл девушек не нарушался, что позволило использовать календарный метод определения фаз (по Н.В. Свечниковой) [цит. по 9].

Все исследования проведены на базе кафедры биологии и основ здоровья в лаборатории возрастной физиологии спорта ЮНПУ имени К.Д. Ушинского.

Для достижения поставленной цели использовались следующие методы: анкетирование, антропо-физиометрия, электрокардиография по Р.М. Баевскому [3], велоэргометрия, календарный метод определения фаз менструального цикла, измерение АД, статистические методы обработки результатов исследования.

В качестве мышечной нагрузки использовалась методика Д.Н. Давиденко [6], модернизированная в нашей лаборатории [4]. Тестирование заключалось в плавном непрерывном повышении мощности нагрузки от нуля до достижения частоты сердечных сокращений (ЧСС) 150-155 уд/мин, после чего, согласно программе, с той же скоростью, происходило снижение мощности работы до исходного уровня [6].

Вариабельность сердечного ритма изучали перед велоэргометрической нагрузкой (в покое), в момент реверса (при ЧСС=150-155 уд/мин), в конце работы на велоэргометре и на 5-ой минуте восстановления. Для оценки variability сердечного ритма (VSP) определялся ряд показателей, характеризующих состояние отделов вегетативной нервной системы:  $M_0$ , с – модальное значение R-R,  $AM_0$ , % – процент модальных значений R-R,  $\Delta X$ , с – вариационный размах R-R. На основе данных показателей рассчитывались, предложенные Р.М. Баевским [3] индексы использующиеся для оценки регуляции и степени адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам – активность

гуморального канала регуляции ( $АГКР = Mo/\Delta X$ , у.е.), вегетативный показатель ритма ( $ВПР = 1/Mo \cdot \Delta X$ , у.е.), индекс вегетативного равновесия ( $ИВР = AMo/\Delta X$ , у.е.), показатель адекватности процессов регуляции ( $ПАПР = AMo/Mo$ , у.е.) и индекса напряжения регуляторных систем ( $ИН = AMo/2 \cdot Mo \cdot \Delta X$ , у.е.).

Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью программы SPSS 16.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что у женщин репродуктивного возраста в течение менструального цикла под влиянием определенной концентрации эстрогенов и прогестинов (гестогенов) в организме определенно изменяется активность симпатического и парасимпатического отделов нервной системы – в первой половине цикла преобладает парасимпатическая, а во второй – симпатическая [11; 16]. В свою очередь, изменение тонуса симпатического и парасимпатического каналов влияет на механизмы регуляции сердечного ритма [3; 10], являющимся индикатором самочувствия, функциональных возможностей и работоспособности.

В состоянии относительного мышечного покоя, в каждую фазу менструального цикла, нами было определено три типа регуляции сердечной деятельности: ваготонический, нормотонический и симпатикотонический, которые отражают степень влияния отделов вегетативной нервной системы.

Первый тип регуляции – ваготонический (ваго-холинэргический) – наблюдался у 30,1-46,7% девушек. В наибольшей степени вагусный тип регуляции проявился в постменструальную, в наименьшей – постовуляторную фазу менструального цикла. Ко второму типу регуляции – нормотоническому – отражающему баланс симпатических и парасимпатических влияний относились 43,4-63,3% спортсменок. Такой тип регуляции у большего числа девушек отмечался в постовуляторную (IV) и у меньшего – в постменструальную фазу менструального цикла. Третий тип регуляции – симпатикотонический – указывающий на преобладание симпато-адреналового отдела вегетативной нервной системы и свидетельствующий о сниженных адаптационных возможностях, зафиксирован на нижней границе уровня симпатикотонии у 3,3-9,9% девушек в менструальной, овуляторной, пред- и постменструальной фазах, соответственно.

По мнению многих исследователей в области спортивной кардиологии, улучшение функционального состояния спортсменок характеризуется увеличением значения моды ( $Mo$ , с) и уменьшением ее

амплитуды (АМо, %), индекса напряжения, вегетативного показателя ритма, индекса вегетативного равновесия, показателей адекватности процессов регуляции и активности гуморального канала регуляции.

Результаты нашего исследования показали что, в состоянии покоя, по средним групповым данным, увеличение Мо наблюдалось в менструальную (0,78±0,02 с), постменструальную и овуляторную (0,76±0,02 с) фазы менструального цикла. Снижение амплитуды моды (АМо) – в овуляторную (20,91±0,89 %) и постовуляторную (20,85±1,43 %) фазы, что свидетельствует об улучшении функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) в эти фазы МЦ (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели variability сердечного ритма в состоянии относительного мышечного покоя спортсменок 17-22 лет в разные фазы менструального цикла (по Баевскому Р.М., 1979)**

Показатели	Фазы				
	I	II	III	IV	V
Мо, с	0,78±0,02	0,76±0,02	0,76±0,02	0,75±0,02	0,73±0,02*
АМо, %	21,31±1,19	21,1±1,25	20,91±0,89	20,85±1,43	21,53±1,43
ΔХ, с	0,27±0,02	0,25±0,02	0,24±0,02	0,25±0,01	0,25±0,02
ИВР, у.е.	97,44±8,92	104,05±10,95	100,43±11,76	93,35±8,56	105,65±11,47
ВПР, у.е.	5,7±0,37	6,44±0,65	6,33±0,56	6,07±0,41	6,56±0,48*
ПАПР, у.е.	28,4±1,95	28,8±2,05	28,51±1,5	28,79±2,47	31,13±2,42
ИН, у.е.	65,13±6,39	73,21±8,45	69,55±9,33	65,73±7,62	78,42±9,96*
АГКР, %	3,32±0,17	3,38±0,21	3,48±0,25	3,2±0,18	3,2±0,16

Примечание: \* –  $p < 0,05$  – достоверные изменения результатов по сравнению с менструальной фазой МЦ.

Симпатические влияния на сердечный ритм усилились в предменструальную фазу, что характеризовались увеличением значения амплитуды моды (АМо=21,53±1,43 %) и уменьшением длительности модальных значений (Мо=0,73±0,02 с), что выразалось в увеличении наиболее вероятного уровня частоты сердечных сокращений и количества одинаковой длительности.

Общеизвестно, что преобладание симпатических влияний на ритм сердца характеризуется увеличением отдельных критериев ВСР, предложенных Р.М. Баевским, а превалирование парасимпатических влияний – их уменьшением.

Проведенные нами исследования показали, что в менструальную и постовуляторную фазам отмечались наиболее низкие значения рассматриваемых индексов по сравнению со значениями в постменструальной и предменструальной фазах менструального цикла. Рассматриваемые параметры колебались в пределах 5,6-20,4% и носили не достоверный характер.

Выявленное нами увеличение значений критериев регуляции сердечного ритма в пред- и постменструальной фазах МЦ отражает активацию симпатического звена регуляции, которая сочетается со сниженной эстрадиоловой концентрацией и указывает на напряжение регуляторных механизмов. Снижение симпатического тонуса по перечисленным критериям отмечалось в менструальную и постовуляторную фазы МЦ, что свидетельствовало об оптимизации системы регулирования организма, т.е. в эти фазы у спортсменок естественно повышены функциональные возможности ССС [3; 16].

В момент реверса (по достижению ЧСС=150-155 уд/мин) наименьшие значения ИН, как интегрального показателя состояния механизмов регуляции, были отмечены в менструальную (1493,82±99,15 у.е.) и предменструальную (1561,65±85,12 у.е.) фазы. Относительно покоя индекс напряжения на реверсе вырос в 22,9-19,9 раза (рис. 1).

Наибольшие значения индекса напряжения зафиксированы на вершине нагрузки в постменструальную (1699,41±164,38 у.е.) и постовуляторную (1736,82±192,26 у.е.) фазу менструального цикла, по отношению к состоянию покоя показатель вырос в 23,2 и 26,4 раза, соответственно.

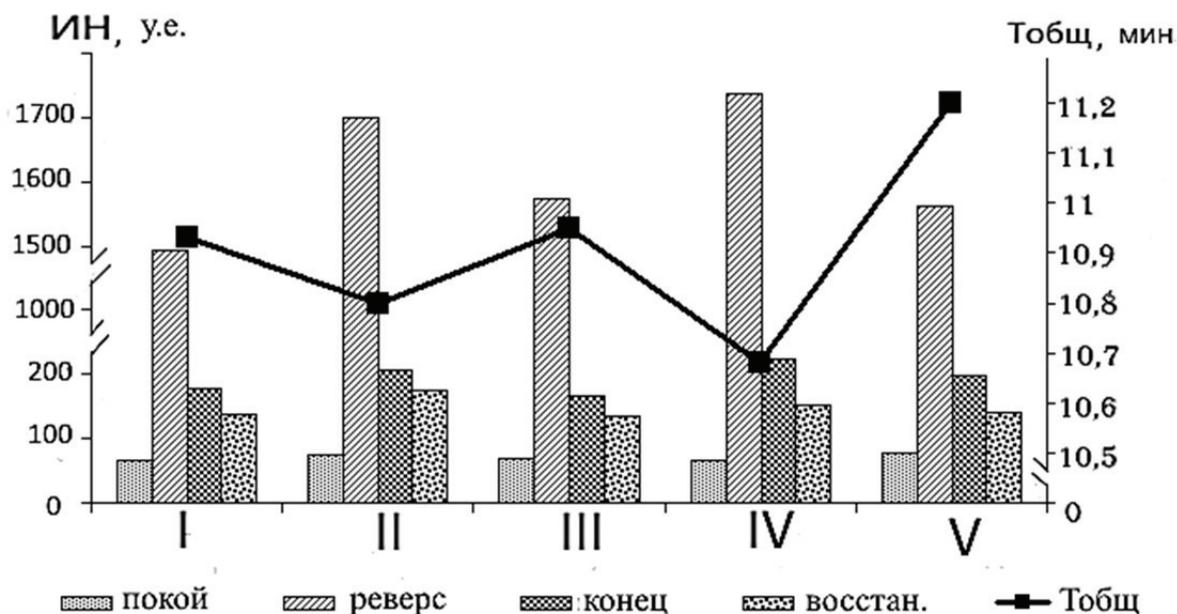


Рис.1. Динамика ИН и общего времени работы девушек-спортсменок 17-22 лет на протяжении овариально-менструального цикла (I-V – фазы ОМЦ) при тестировании по замкнутому циклу (с реверсом)

В конце велоэргометрической пробы и на пятой минуте восстановления низкие показатели ИН зарегистрированы в менструальную (178,46±37,82 у.е. и 137,21±24,31 у.е., соответственно) и овуляторную (166,62±22,26 у.е., 134,26±18,79 у.е., соответственно), а высокие – в постменструальную (207,61±26,64 у.е. и 175,06±20,88 у.е., соответственно)

и постовуляторную ( $223,26 \pm 54,56$  у.е. и  $153,01 \pm 24,31$  у.е., соответственно) фазы менструального цикла.

Индексы напряжения, полученные на пятой минуте восстановления, были в 1,9-2,4 раза выше от аналогичных показателей в состоянии мышечного покоя.

Сравнительный анализ степени напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы в состоянии мышечного покоя, на момент реверса (при ЧСС=150-155 уд/мин), в конце велоэргометрической пробы и на пятой минуте восстановления показал, что полученные в менструальную фазу низкие значения критериев ВСП (по Баевскому Р.М.), могут свидетельствовать об улучшении функционального состояния сердечно-сосудистой системы и высокой эффективности восстановительных процессов.

Высокий ИН в постменструальную фазу у спортсменок в состоянии мышечного покоя и в момент реверса, сохранение ее значений к 5-й минуте восстановления говорит о значительном уровне напряжения регуляторных систем организма и низкой эффективности восстановительных процессов.

Следует отметить, что в овуляторную фазу, характеризующуюся средними значениями индекса напряжения в состоянии мышечного покоя, зарегистрирован самый высокий уровень напряжения механизмов регуляции в момент реверса, о чем свидетельствуют величины ИН. Однако к концу велоэргометрической пробы и на пятой минуте восстановления этот показатель значительно снизился – в 11,7 раза относительно величины, отмеченной в момент реверса. Таким образом, овуляторная фаза менструального цикла характеризуется высоким напряжением регуляторных механизмов сердечного ритма в ответ на физическую нагрузку и, в то же время, более быстрыми восстановительными процессами, чем в другие фазы менструального цикла.

По результатам тестирования велоэргометрической нагрузкой по замкнутому циклу (с реверсом), выявлены высокие показатели физической работоспособности в предменструальной, менструальной и овуляторной (Тобщ=11,2; 10,93 и 10,95 мин, соответственно), не достоверно ниже – в постменструальной и постовуляторной (Тобщ=10,8; 10,8 мин, соответственно) фазах менструального цикла.

Более высокие значения физической работоспособности зафиксированные в предменструальной фазе, отмечены на фоне исходного напряжения механизмов регуляции, повышенной активности симпатического отдела ВНС и адренэргического канала регуляции, что говорит о напряжении процессов адаптации.

Во время всей работы и на пятой минуте восстановления, в эти фазы менструального цикла индекс напряжения был не достоверно ниже по

сравнению с постменструальной и постовуляторной фазами менструального цикла.

Для выявления степени влияния вегетативного тонуса на уровень физической работоспособности в разные фазы менструального цикла был проведен корреляционный анализ зависимостей между критериями ВСП и велоэргометрического тестирования. Показано, что наибольшее количество высоких, достоверных связей – от низкого до высокого уровней, во все периоды обследования свойственно внутрисистемным критериям. Так, в группе показателей, характеризующих физическую работоспособность, обнаружены сильные внутренние зависимости в каждой фазе менструального цикла ( $r=0,94 - 1,0$ ;  $p<0,001$ ). Аналогичные результаты характерны и для внутрисистемной зависимости критериев вариабельности сердечного ритма, что логически согласуется с результатами других исследований [3; 6].

Анализ межсистемных взаимовлияний обнаружил, что в состоянии мышечного покоя наибольшее количество связей регистрируется в постовуляторную фазу, характеризующихся слабой зависимостью между общим временем работы и критериями ВСП – положительные с модальным значением и вариативностью сердечных интервалов ( $r=0,323$ ), отрицательные – с ПАПР, ИВР, ВПР, ИН, АМо ( $r=-0,499 - -0,364$ ). В овуляторную и менструальную фазы выявлено, что количество связей с общим временем выполненной работы значительно меньше, а сами связи были низкими. В пред- и постменструальную фазу достоверных корреляционных зависимостей изучаемых показателей не обнаружено.

На пятой минуте восстановления количество связей в овуляторную фазу увеличилось ( $r=-0,363 - 0,406$ ). В менструальную и постовуляторную фазы связей не установлено.

Результаты корреляционного анализа свидетельствуют, что как в процессе мышечной деятельности, так и в период восстановления на протяжении всего менструального цикла сила и характер связей существенно не изменялись и сохраняли слабую низко достоверную зависимость между показателями вариабельности сердечного ритма и работоспособностью спортсменок.

### ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных данных свидетельствует о зависимости способности к проявлению функциональных возможностей от фазы менструального цикла, в которой находится спортсменка.

2. В группе обследуемых девушек-спортсменок 17-22 лет в состоянии относительного мышечного покоя на протяжении всего менструального цикла преобладали нормотонический (43,4-63,3%) и ваготонический (30,1-46,7%) тип регуляции сердечной деятельности. Симпатический тип регуляции зарегистрирован в отдельных случаях (3,3-9,9%). Более оптимальный уровень регуляции характерен для менструальной и

постовуляторной, начальное напряжение – для постменструальной и предменструальной фаз менструального цикла. Подобное соотношение адекватности мобилизации резервов регуляторных механизмов сохраняется в эти фазы и непосредственно при мышечных нагрузках.

3. Показатели физической работоспособности не обнаруживают прямой достоверной зависимости от исходного состояния механизмов регуляции сердечного ритма. Высокая работоспособность отмечена как при оптимальном исходном состоянии регуляторных механизмов (менструальная и предменструальная фазы), так и на фоне развития их напряжения (постменструальная фаза). В процессе мышечной деятельности и в период восстановления на протяжении всего менструального цикла сила и характер связей существенно не изменялись и сохраняли слабую низко достоверную зависимость между показателями вариабельности сердечного ритма и работоспособностью спортсменок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Аронов Д. М. Функциональные пробы в кардиологии / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов. – Изд. 2-е. – М., 2003. – 296 с.
3. Баевский Р. М. Математический анализ сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
4. Босенко А. И. Выявление функциональных возможностей сердечно-сосудистой и центральной нервной систем у подростков при напряженной мышечной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 14.00.17 / Босенко Анатолий Иванович. – Тарту, 1986. – 25 с.
5. Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение: материалы V всеросс. симп. / отв. ред. Р. М. Баевский, Н. И. Шлык. – Ижевск: Изд-во «Удмурдский университет», 2011. – 597 с.
6. Давиденко Д. Н. Методика оценки мобилизации функциональных резервов организма по его реакции на дозированную нагрузку / Д. Н. Давиденко, В. А. Чистяков // Психолого-педагогические технологии повышения умственной и физической работоспособности, снижения нервно-эмоционального напряжения у студентов в процессе образовательной деятельности: матер. международной науч. конф. – Белгород: БелГУ, 2011. – С. 204-210.
7. Зимкин Н. В. О вариативности структуры функциональной системы в процессе деятельности и при утомлении / Н. В. Зимкин // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. – 1984. – Т. 70. № 6. – С. 1593–1599.
8. Казначеев В. П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения / В. П. Казначеев, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – Л.: Медицина, 1980. – 208 с.
9. Ключко Л. И. Общая характеристика работоспособности у спортсменок высокого класса в период овариально-менструального цикла в беге на выносливость / Л. И. Ключко. – Физическое воспитание студентов. – 2012. – С. 34-37
10. Котельников С. А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / Котельников С.А., А. Д. Ноздрачев, М. М. Одинак и др. // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 1. – С. 130-143.

11. Манушарова Р. А. Гинекологическая эндокринология: Руководство для врачей / Р. А. Манушарова, Э. И. Черкезова. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. – 280 с.
12. Мозжухин А. С. Роль системы физиологических резервов спортсмена в его адаптации к физическим нагрузкам / А. С. Мозжухин, Д. Н. Давиденко // Физиологические проблемы адаптации. – Тарту, 1984. – С. 84-87.
13. Ритм сердца у спортсменов / Под ред. Р. М. Баевского и Р. Е. Мотылянской. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – С. 24-25.
14. Рода О. Б. Анализ variability сердечного ритма у женщин, специализирующихся в беге на средние дистанции / О. Б. Рода, С. В. Калитка // Здоровье для всех: научно-практический журнал. – Пинск: ПолесГУ, 2014. – № 1. – С. 22-28.
15. Чуян Е. Н. Variability сердечного ритма испытуемых в восстановительном периоде после велоэргометрической пробы под воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты / Е. Н. Чуян, И. Р. Никифоров, Е. А. Бирюкова // Ученые записки Таврического национального университета, сер. «Биология, химия». – 2012. – Т. 25(64), №3. – С. 240-255.
16. Шахлина Л. Я.-Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Шахлина Л. Я.-Г. – Киев.: Наукова думка, 2001. – 326 с.
17. Sport medical aspects in cardiac risk stratification – Heart rate variability and exercise capacity / W. Banzer, K. Lucki, M. Burklein [at oll] // *Hearzschriftmacherther Electrophysiol.* – 2006. – №17 (4). – P. 197-204.

**Орлик Н. А.**

### **ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ СПОРТСМЕНОК 17-22 РОКІВ В РІЗНІ ФАЗИ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛУ**

*Ключові слова:* спортсменки, менструальний цикл, варіабельність серцевого ритму, гормони, велоергометрія.

Дослідження присвячене вивченню динаміки варіабельності серцевого ритму дівчат-спортсменок 17-22 років при тестуванні навантаженням з реверсом в різні фази менструального циклу.

Показано, що у менструальну і предменструальну фази, на відміну від постменструальної фази менструального циклу, відмічалась висока фізична працездатність. Проте, у предменструальну фазу більші показники фізичної працездатності супроводжувались високим ступенем напруги механізмів регуляції і збільшенням активності симпатичного відділу ВНС. Показники ВСР в овуляторній фазі менструального циклу характеризувалися більш швидкими процесами відновлення.

Orlyk N. A.

**HEART RATE VARIABILITY SPORTSWOMEN 17-22 YEARS  
IN VARIOUS PHASE OF MENSTRUAL CYCLE**

**Keywords:** *Sportswomen, menstrual cycle, heart rate variability, hormones, veloergometry.*

The research is devoted studying of dynamics of HRV sportswomen 17-22 years with a load testing with a thrust reverser in different phases of the menstrual cycle.

It is shown that in the menstrual phase and premenstrual, unlike the postmenstrual phase of the menstrual cycle, notes the high physical performance. However in large premenstrual phase the parameters physical working capacity were accompanied by a high degree of voltage regulation mechanisms, and increased activity sympathetic division of the autonomic nervous system. Heart rate variability indices in the ovulatory phase of the menstrual cycle were characterized by a more rapid recovery process.