

УДК 612.14

**ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА
У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ РАВНИНЫ
ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В ГОРАХ НА ВЫСОТЕ 2100 М**

Черкес Л.И.

*Международный центр астрономических и медико-экологических исследований НАН
Украины, Киев, Украина
E-mail: vilyin@voliacable.com*

Проведен сравнительный анализ функционального состояния регуляторных систем организма у специализирующихся в скоростно-силовых видах легкой атлетики высококвалифицированных спортсменов после учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья и на уровне моря. Показано, что горная подготовка вызывает положительные эффекты, проявляющиеся в улучшении функционального состояния спортсменов, смещении вегетативного баланса в область преобладания вагусных влияний и повышении устойчивости к функциональным нагрузкам, которое сохраняется и на 25 сутки после возвращения с гор.

Ключевые слова: среднегорье, кардиоритмография, вегетативный гомеостаз, функциональные нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время показано, что анализ variability сердечного ритма (ВСР) является высокоэффективным методом оценки функционального состояния организма человека, который позволяет прогнозировать общие тенденции в развитии различных процессов в организме, в том числе адаптационного к различным факторам внешней среды, а также риск развития патологического и компенсаторного процессов [1–7]. Исследования ВСР находят широкое применение и при контроле состояния здоровья и тренированности людей, ведущих активный образ жизни, а также в спорте высших достижений при оценке эффективности различных систем подготовки спортсменов, в том числе и горной [6].

Известно, что положительные эффекты горной подготовки проявляются не сразу после возвращения с гор. Требуется определенный период реакклиматизации, продолжительность которого зависит от индивидуальных особенностей организма спортсмена. Примерно 50-60% спортсменов в первые несколько дней способны показать высокие результаты и продемонстрировать высокую работоспособность в специальных тестах. После этого может наступить достаточно продолжительная фаза (5-6 дней) снижения функциональных возможностей организма спортсменов. У остальных 40-50% спортсменов эта фаза наступает сразу после возвращения в равнинные условия, которая может продолжаться до 6-8 дней и более [8, 9]. После окончания фазы пониженных функциональных возможностей проявляется

отставленный эффект горной подготовки, который по отношению к важнейшим компонентам функциональной подготовленности спортсмена может развиваться в течение последующих 8-12 дней. Максимальные величины потребления кислорода обычно регистрируются через 3-4 недели после возвращения в равнинные условия [10].

Цель работы. Провести сравнительный анализ функционального состояния регуляторных систем организма у высококвалифицированных спортсменов после учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья и на уровне моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В условиях равнины в г. Киеве 7 спортсменов после трехнедельного пребывания в условиях средне- (высота 2100 м) и низкогорья (900-1000м) и 7 спортсменов после учебно-тренировочного сбора на уровне моря в г. Ялте, проходили обследования на экспериментальной базе Государственного Научно-исследовательского института физической культуры и спорта Украины на 25 сутки после завершения учебно-тренировочных сборов. Обследованные спортсмены имели квалификацию мастер спорта и мастер спорта международного класса и являлись членами сборной Украины, специализирующихся в легкоатлетическом спринте на 400 и 800 м. Средний возраст обследованных спортсменов составлял $26,7 \pm 2,95$ лет. Все спортсмены участвовали в кардиоритмографическом обследовании в состоянии покоя лежа и при проведении активной ортостатической пробы (АОП).

В соответствии с «Международным стандартом» [11] в исследованиях продолжительность записи КРГ составляла 5 минут (300 с). Рассчитывались статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: количество кардиоинтервалов (N); математическое ожидание динамического ряда (RRNN); стандартное отклонение нормальных величин R-R интервалов (SDNN); коэффициент вариации ($CV=100 \times SDNN/RRNN$); доля последовательных R-R интервалов, различие между которыми превышает 50 мс (pNN50, %). Числовыми характеристиками вариационной пульсограммы являются: "Мода" (Mo), "Амплитуда моды" (AMo), "Индекс напряженности" (ИН), "Индекс вегетативной регуляции" (ИВР), "Вегетативный показатель ритма" (ВПР), "Показатель адекватности процессов регуляции" (ПАПР).

Спектральный анализ производился по методу быстрого преобразования Фурье. Определялись все спектральные максимумы и мощности спектра в $мс^2$ в следующих диапазонах; сверхмедленный диапазон (VLF)– от 0,003 Гц до 0,04 Гц; диапазон медленных волн (LF) – от 0,04 до 15 Гц; диапазон высокочастотных (дыхательных) волн (HF) – от 0,15 до 0,40 Гц; диапазон сверхвысокочастотных волн (VHF) – от 0,40 до 1,00 Гц, общая мощность спектра ($TP_{0-0,40}$) в диапазоне от 0,003 Гц до 0,40 Гц.

Для анализа и оценки полученных данных применялись методы параметрической и непараметрической статистики и факторного анализа [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Табл. 1 приведены результаты математического анализа ВСР в состоянии относительного покоя у 7 спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в горах, и 7 спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря.

При сравнении с группой спортсменов, тренировавшихся на уровне моря, в первую очередь, обращает на себя достоверно более низкие значения показателей вариационной пульсометрии RRNN, Mo, SDNN, AМо, ΔR-R, CV, pNN50, pNN50, ИИ, ИВР, ПАПР, ВПР, ПАРС и спектрального анализа HF, HFnu и LF/HF у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в условиях среднегорья. Это указывает на меньшую у них напряженность регуляторных процессов в организме и преобладание в вегетативном балансе вагусных влияний. Показатели спектрального анализа ВСР также указывают на лучшее функциональное состояние организма у спортсменов после пребывания в горах. Это подтверждается достоверно ($p < 0,001$) более низкими значениями мощности низкочастотного (LF) и сверхвысокочастотного (VHF) компонентов ($p < 0,05$).

Таблица 1

Средние значения показателей математического анализа variability ритма сердца в состоянии относительного покоя у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в условиях среднегорья и на уровне моря

Показатели	Уровень моря (n=7)	Среднегорье (n=7)
RRNN, мс	944±16,4	1211±19,1*
Mo, мс	950±18,8	1200±19,7*
SDNN, мс	35,8±6,0	85,5±5,7**
АМо, %	42±2,0	24,2±2,0*
ΔR-R, мс	181±45,2	483±70,0**
CV, %	3,7±0,69	30,6±0,67***
pNN50, %	3,5±1,73	15,7±4,52**
ИИ	122±27,1	21±6,9***
ИВР	211±35,4	50±4,3**
ПАПР	44±3,6	20±1,4*
ВПР	5,8±0,66	1,7±0,45**
VLF, мс ² /Гц	6153±340,3	4413±136,8***
LF, мс ² /Гц	6555±300,5	5572±250,2***
HF, мс ² /Гц	4577±340,9	7275±400,3**
VHF, мс ² /Гц	1084±370,6	485±262,2*
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	17231±720,0	17205±672,0
LF nu	37,9±2,03	9,1±1,66***
HF nu	26,5±2,03	88,5±1,66**
LF/HF	1,42±0,169	0,75±0,056***
ПАРС	3±0,2	2±0,2*

Примечание: среднее значение ± стандартная ошибка; * отличие от контрольной группы на уровне $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

В Табл. 2 приведены средние показатели вариационного и спектрального анализа ВСР, полученные при проведении активной ортостатической пробы у спортсменов после проведения учебно-тренировочных сборов на уровне моря и в горах.

На основе сравнительного анализа данных, приведенных в таблице 2, можно прийти к выводу, что в целом у спортсменов обеих групп наблюдается адекватная реакция сердечно-сосудистой системы на данную функциональную пробу. Однако у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря, при проведении активной ортопробы наблюдается несколько большее напряжение регуляторных систем организма. На это указывают достоверно ($p < 0,05$) более высокие значения ИН. Более высокое напряжение функциональных систем данных спортсменов может быть обусловлено избыточной активацией симпатического отдела вегетативной нервной системы, что подтверждают высокие значения АМо и LF, а также достоверно ($p < 0,05$) более высокие мощности сверхвысокочастотной компоненты (VHF) в спектре ВСР.

Таблица 2

Показатели ВСР при проведении активной ортопробы у спортсменов, прошедших учебно-тренировочные сборы на уровне моря и в горах

Показатели	На уровне моря (n=7)	Среднегорье (n=7)
RRNN, мс	806±28,4	797±26,8
Mo, мс	774±29,1	758±27,7
SDNN, мс	51,7±8,77	66,8±7,51
АМо, %	48±2,8*	40±2,6
ΔR-R, мс	329±36,3	416±47,8
CV, %	6,2±0,97	8,6±0,97
PNN50, %	13,3±2,11	18,5±2,13
ИН	164±26,2*	113±21,4
ИВР	232±37,0	168±31,4
ПАПР	67±5,7	55±3,8
ВПР	5,9±0,67	4,6±0,58
VLF, мс ² /Гц	6548±455,7*	5523±348,9
LF, мс ² /Гц	7603±833,2*	6453±338,5
HF, мс ² /Гц	1411±228,4***	4439±329,7
VHF, мс ² /Гц	2342±351,4***	1204±240,8
TP _{0-0.40} , мс ² /Гц	18010±752,5*	17735±102,4
LF/HF	5,27±1,075***	1,48±0,086
ПАРС	4±0,3*	3±0,3

Примечание: среднее значение ± стандартная ошибка; * отличие от группы спортсменов без СКС на уровне $p < 0,05$

Для выявления удельного веса факторов, которые определяют распределение кардиоинтервалов у спортсменов, проводивших учебно-тренировочный сборы в горах и на уровне моря, факторному анализу подвергали массивы, состоящие из 9 первичных показателей (RRNN, Mo, SDNN, AMo, ΔR-R, VLF, LF, HF, VHF), которые описывают распределение кардиоинтервалов, состояние регуляторных систем и вегетативный баланс.

Проведенный факторный анализ позволил выделить на уровне значимости >0,70 три фактора, которые описывают 85,6% изменений в распределениях кардиоинтервалов у спортсменов, проводивших учебно-тренировочный сбор в горах (рис. 1).

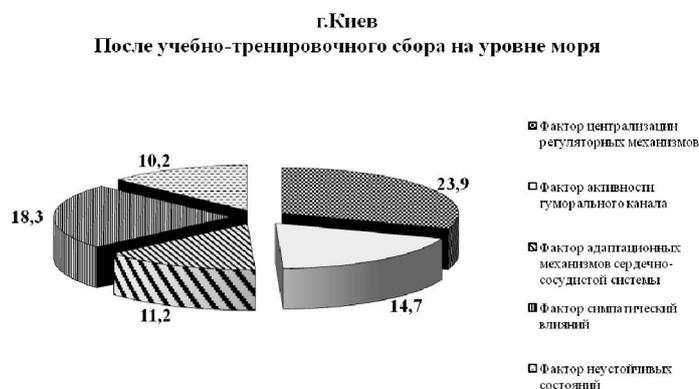
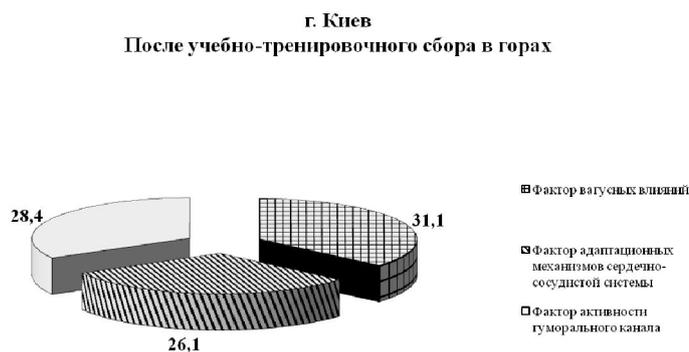


Рис. 1 Удельный вес факторов, которые определяют состояние регуляторных систем организма у спортсменов в состоянии относительного покоя и при проведении активной ортопробы в условиях равнины (г. Киев)

По показателям, обладающим наибольшим весом, каждому фактору, характеризующему изменения распределения кардиоинтервалов и волновой структуры сердечного ритма в условиях равнины, можно придать определенный физиологический смысл.

Самый большой вес имеет фактор вагусных влияний, содержащий показатели SDNN, $\Delta R-R$ и HF, отражающие активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. На втором месте фактор активности гуморального канала входят RRNN и Mo, характеризующие уровень функционирования синусового узла. На третьем месте фактор низкочастотных или медленных волн, в который входит LF, отражающие активность адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы, т.е фактор адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы.

По сравнению с конечным этапом пребывания в горах у спортсменов в определении функционального состояния регуляторных механизмов отсутствует фактор централизации регуляторных механизмов и симпатических влияний. Это свидетельствует о том, что на 25 день после возвращения с гор вегетативный баланс у спортсменов сместился в область преобладания вагусных влияний. Этот вывод подтверждают и данные, приведенные в таблице 1. У спортсменов средняя по группе величина LF/HF составляет $0,75 \pm 0,056$.

У спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря, проведенный факторный анализ массива данных позволил выделить на уровне значимости $>0,70$ пять факторов, описывающих 78,3% изменений в распределениях кардиоинтервалов (рис. 1).

В состав имеющего наибольший вес первого фактора - фактора централизации регуляторных механизмов входит VLF. Эти показатели отражают соответственно активность центрального контура регуляции и церебральных эрготропных влияний. Второй фактор - фактор симпатических влияний на сердечный ритм входит только AMo, который характеризует активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Третий фактор - фактор активности гуморального канала содержит RRNN и Mo, характеризующие уровень функционирования синусового узла и его отклонение от нормы покоя. Четвертый фактор - фактор адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы содержит LF, отражающий активность адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы, которые обеспечивают локальное и общее приспособление сосудистой системы к изменениям ударного и минутного объема крови [6]. Пятый фактор – фактор неустойчивых состояний, содержащий VHF. Он отражает активность высших отделов нервной системы при возникновении неустойчивых состояний организма [13, 14].

Анализ данных позволяет сделать вывод, что у спортсменов после тренировок на уровне моря в состоянии относительного покоя и при функциональных нагрузках факторы центральных и симпатических влияний играют большую роль. Кроме того, у данных спортсменов при формировании реакции организма на нагрузку появляется фактор неустойчивых состояний, в то время как у спортсменов после тренировок в горах этот фактор отсутствует (рис. 1).

ВЫВОДЫ

1. У спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в условиях среднегорья, по сравнению со спортсменами, тренировавшимися на уровне моря, в покое наблюдается более низкая напряженность регуляторных процессов в организме и преобладание в вегетативном балансе вагусных влияний.
2. В условиях равнины у спортсменов после проведения учебно-тренировочных сборов на уровне моря и в горах наблюдается адекватная реакция сердечно-сосудистой системы на активную ортопробу. Однако у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря, при проведении активной ортопробы наблюдается несколько большее напряжение регуляторных систем организма.
3. Проведение учебно-тренировочного сбора в горах вызывает положительные эффекты, проявляющиеся в улучшении функционального состояния спортсменов, смещении вегетативного баланса в область преобладания вагусных влияний и повышении устойчивости к функциональным нагрузкам, которое сохраняется и на 25 сутки после возвращения с гор.

Список литературы

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М.Баевский. – М.: Мир, 1979. – 295 с.
2. Жемайтите Д.И. Возможности клинического применения и автоматического анализа ритмограмм: Автореф. дисс... д-ра мед. наук: 00.06 / Каунасский мед. ин-т. – Каунас, 1972. – 51 с.
3. Жемайтите Д. Автономный контроль сердечного ритма у больных ИБС в зависимости от сопутствующей патологии и осложнений / Д.Жемайтите, Г.Варонескас, Г.Жилюкас // Физиология человека. – 1999. – 25, № 3. – С. 56-65.
4. Ильин В.Н. Ритмокардиографические методы оценки функционального состояния организма человека / В.Н.Ильин, Л.М.Батырбекова, М.Х.Курданова, Х.А.Курданов. – М.: Илекса; Ставрополь: Сервисшкола, 2003. – 80с.
5. Миронов В.А. Клинический анализ волновой структуры сердечного ритма при гипертонической болезни. – Автореф. дисс... доктора мед. наук. – Оренбург. – 1999. - 36 с.
6. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метод / В.М.Михайлов. – Иваново: Иван. Гос. Мед. Академия, 2002. – 290 с.
7. Saltin B. Exercise and the Environment: Focus on Altitude / B.Saltin // Res. Quarterly Exerc. Sport. – 1996. – Vol. 67. – P. 1-10.
8. Суслов Ф.П. Тренировка в условиях среднегорья как средство повышения спортивного мастерства: Автореф. дисс... д-ра пед. наук. – М., 1985. – 48 с.
9. Суслов Ф.П. Соревновательная подготовка и календарь соревнований / Ф.П.Суслов // Современная система спортивной подготовки. – М.: СААМ, 1995. – С. 73-79.
10. Суслов Ф.П. Тренировка в среднегорье в системе подготовки спортсменов / Ф.П.Суслов, М.М.Булатова, А.К.Красильщиков // Лекция для студентов институтов физической культуры и слушателей факультетов повышения квалификации. К.: КГИФК, 1987. – 20 с.
11. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. –1996. – 93.–P. 1043-1065.
12. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.
13. Ефанова Ю.К. Классификация функциональных состояний организма квалифицированных гребцов методом структурно-лингвистического анализа вариабельности сердечного ритма /

Ю.К.Ефанова, В.Н. Ильин // Мат. IX міжнародного наук. конгресу "Олімпійський спорт і спорт для всіх", Київ, Україна, 20-23 вересня, 2005 р. – С. 662.

14. Ильин В.Н. Применение теории ультрастабильных систем для оценки функционального состояния организма человека / В.Н. Ильин // УСиМ. – 2000. – N1. – С.14–19.

Черкес Л.І. Особливості варіабельності серцевого ритму у спортсменів вищої кваліфікації в умовах рівнини після перебування в горах на висоті 2100 / Л.І. Черкес // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 342-349.

Проведено порівняльний аналіз функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів вищої кваліфікації, які спеціалізуються у швидкісно-силових видах легкої атлетики, після учбово-тренувальних зборів в умовах середньогір'я і на рівні моря. Показано, що горна підготовка викликає позитивні ефекти, що виявляють себе у зміщенні вегетативного балансу в напрямку переважання вагусних впливів і підвищення стійкості до функціональних навантажень, котрі зберігаються і на 25 добу після повернення з гір.

Ключові слова: середньогір'я, кардіоритмографія, вегетативний гомеостаз, функціональні навантаження.

Cherkes L.I. Key characteristics of cardiac rhythm variability in highly qualified athletes after return from the altitude of 2100 meters / L.I. Cherkes // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 342-349.

We have studied a group of athletes who compete in speed-power disciplines. The athletes spent a period of time at the altitude of 2100 meters and the state of their regulatory systems was measured on their return to normal conditions. We have shown that training at the altitude improves the functional state, shifts the vegetative balance towards the prevalence of vagus influences, and improves stamina. The positive effects remain as long as 25 days after return from the altitude.

Keywords: vegetative homeostasis, functional loads, mid-range altitude, cardiac rhythms.

Поступила в редакцію 12.09.2011 г.