

Л.И. Черкес, В.Н. Ильин

Факторы, определяющие функциональное состояние регуляторных систем организма у спортсменов после пребывания в условиях среднегорья

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 25–26-е сутки после возвращения с гор. В то же время у спортсменов после тренировок на уровне моря в состоянии относительного покоя и при функциональных нагрузках преобладают центральные и симпатические влияния. Кроме того, фактор неустойчивых состояний также начинает играть определенную роль в формировании реакции организма на нагрузку.

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

ВВЕДЕНИЕ

Высокий уровень достижений в современном спорте обуславливает необходимость постоянного совершенствования всех сторон подготовки спортсмена. В настоящее время все большее значение приобретает разработка и использование нетрадиционных средств и методов, направленных на расширение границ функциональных возможностей организма спортсмена, его аэробной и анаэробной производительности, в значительной степени определяющих уровень работоспособности. Одним из таких средств является подготовка спортсменов в горных условиях [3, 6]. Ее высокая эффективность в качестве повышения функциональных возможностей спортсменов и спортивных результатов во всех видах спорта, связанных с проявлением выносливости, доказана многими исследователями, работающими в области спортивной физиологии [2, 7–11, 13]. Значительно меньше работ, посвященных

подготовке спортсменов в горных условиях, в спортивной деятельности которых выносливость не является определяющим фактором (силовые, скоростно-силовые, сложнокоординационные виды спорта, единоборства). Кроме того, недостаточно внимания обращается на исследование индивидуальных особенностей адаптации организма спортсменов к гипоксическим условиям, связанных, в частности, с типом центральной нервной системы и вегетативным гомеостазом.

Цель нашей работы – определение особенностей изменений функционального состояния регуляторных систем организма у высококвалифицированных спортсменов после долговременной адаптации к условиям среднегорья.

МЕТОДИКА

В г. Киеве 7 спортсменов после трехнедельного пребывания в условиях средне- (вы-

сота 2100 м) и низкогорья (900–1000 м) и 7 спортсменов после учебно-тренировочного сбора на уровне моря в г. Ялте проходили дважды обследование на экспериментальной базе государственного Научно-исследовательского института физической культуры и спорта Украины на 25-е и 26-е сутки после завершения учебно-тренировочных сборов. Обследованные спортсмены ($26,7 \pm 2,95$ лет) имели квалификацию мастер спорта и мастер спорта международного класса и являлись членами сборной Украины, специализирующихся в легкоатлетическом спринте на 400 м. Все они участвовали в кардиоритмографическом обследовании в состоянии покоя лежа и при проведении активной ортостатической пробы (АОП).

В соответствии с «Международным стандартом» [12] в исследованиях продолжительность записи кардиоритмограмм составляла 5 мин (300 с). Рассчитывали статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: количество кардиоинтервалов (N); математическое ожидание динамического ряда (RRNN); стандартное отклонение нормальных значений R–R-интервалов (SDNN); вариационный размах ($\Delta R-R$). Числовыми характеристиками вариационной пульсограммы являются: мода (Mo), амплитуда моды (AMo).

Спектральный анализ производили по методу быстрого преобразования Фурье. Определяли все спектральные максимумы и мощности спектра в миллисекундах в квадрате на 1 Гц в следующих диапазонах: сверхмедленном (VLF) – от 0,003 Гц до 0,04 Гц; медленном (LF) – от 0,04 до 15 Гц; высокочастотном (дыхательном) (HF) – от 0,15 до 0,40 Гц; сверхвысокочастотном (VHF) – от 0,40 до 1,00 Гц.

Классификацию функциональных состояний организма проводили с помощью структурно-лингвистического метода [4].

Для анализа и оценки полученных результатов применяли методы параметрической и непараметрической статистики и факторного анализа [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

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

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

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 уровень детерминации 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, содержащий RRNN и Mo, характеризующие уровень функционирования синусового узла. На третьем месте фактор низкочастотных или медленных волн, в который входит LF, отражающий активность адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы, т.е фактор адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы.

У спортсменов, проводивших учебно-тренировочный сбор на уровне моря, проведенный факторный анализ массива результатов позволил выделить на уровне значимости более 0,70 пять факторов, описывающих 78,3% изменений в распределениях кардиоинтервалов (табл. 2).

В состав имеющего наибольший уровень детерминации первого фактора централизации регуляторных механизмов входит VLF.

Таблица 1. Результаты факторного анализа показателей кардиоритмограмм, зарегистрированных в покое и при проведении активной ортопробы у 7 спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в горах (n=21)

Показатель	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Математическое ожидание динамического ряда R–R-интервалов (RRNN)	-0,101	0,918*	0,063
Стандартное отклонение нормальных значений R–R-интервалов (SDNN)	0,835*	0,265	0,113
Мода (Mo)	-0,189	0,901*	0,094
Амплитуда моды (АМо)	-0,097	-0,199	0,030
Вариационный размах ($\Delta R-R$)	0,775*	0,306	0,084
Мощность спектра R–R-интервалов в сверхмедленном диапазоне от 0,003 до 0,04 Гц (VLF)	0,023	-0,315	0,585
Мощность спектра R–R-интервалов в медленном диапазоне от 0,04 до 0,15 Гц (LF)	-0,045	-0,030	0,927*
Мощность спектра R–R-интервалов в высокочастотном диапазоне от 0,15 до 0,40 Гц (HF)	0,861*	0,480	0,179
Мощность спектра R–R-интервалов в сверхвысокочастотном диапазоне от 0,40 до 1,00 Гц (VHF)	0,145	0,132	0,238
Уровень детерминации, %	31,1	28,4	26,1

Примечание. Здесь и в табл. 2: n – количество кардиоритмограмм; в факторы вошли показатели, уровень значимости которых превышает 0,70 (отмечены *).

Этот показатель отражает соответственно активность центрального контура регуляции и церебральных эрготропных влияний. Во второй фактор симпатических влияний на

сердечный ритм входит только АМо, который характеризует активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Третий фактор активности гуморального канала

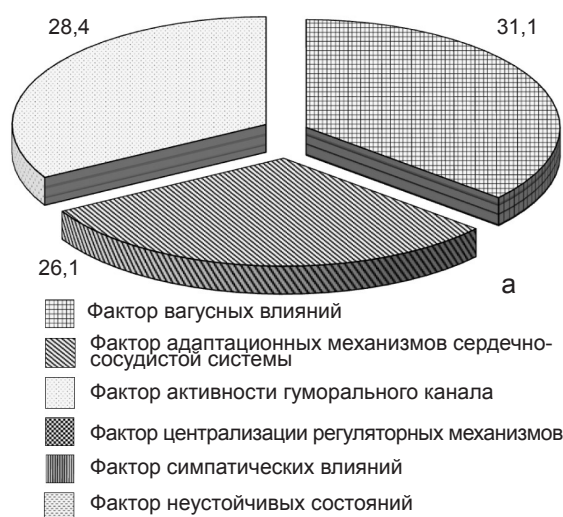
Таблица 2. Результаты факторного анализа показателей кардиоритмограмм, зарегистрированных в состоянии относительного покоя и при проведении активной ортопробы у 7 спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря (n=21)

Показатель	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
Математическое ожидание динамического ряда R–R-интервалов (RRNN)	0,130	-0,103	0,913*	-0,066	0,010
Стандартное отклонение нормальных значений R–R-интервалов (SDNN)	-0,155	-0,498	-0,198	-0,155	0,258
Мода (Mo)	0,002	-0,017	0,914*	-0,050	0,092
Амплитуда моды (АМо)	-0,266	0,730*	-0,061	0,582	-0,502
Вариационный размах ($\Delta R-R$)	0,497	-0,521	-0,291	-0,197	0,346
Мощность спектра R–R-интервалов в сверхмедленном диапазоне от 0,003 до 0,04 Гц (VLF)	0,911*	0,109	0,144	-0,004	0,121
Мощность спектра R–R-интервалов в медленном диапазоне от 0,04 до 0,15 Гц (LF)	-0,009	0,010	0,474	0,823*	0,128
Мощность спектра R–R-интервалов в высокочастотном диапазоне от 0,15 до 0,40 Гц (HF)	-0,009	-0,280	-0,266	0,301	0,051
Мощность спектра R–R-интервалов в сверхвысокочастотном диапазоне от 0,40 до 1,00 Гц (VHF)	-0,008	0,160	0,153	-0,024	-0,877*
Уровень детерминации, (%)	23,9	18,3	14,7	11,2	10,2

содержит RRNN и Mo, характеризующие уровень функционирования синусового узла и его отклонение от нормы покоя. Четвертый фактор адапционных механизмов сердечно-сосудистой системы содержит LF, отражающий активность ее адапционных механизмов, которые обеспечивают локальное и общее приспособление к изменениям ударного и минутного объема крови [5]. В пятый фактор неустойчивых состояний входит VHF. Он отражает активность высших отделов нервной системы при возникновении неустойчивых состояний организма [4].

Анализ результатов позволяет сделать вывод, что у спортсменов после тренировок на уровне моря в состоянии относительно покоя и при функциональных нагрузках факторы центральных и симпатических влияний имеют большое значение. Кроме того, фактор неустойчивых состояний также начинает играть определенную роль в формировании реакции на нагрузку, в то время как у спортсменов после тренировок в горах он отсутствует (рисунок).

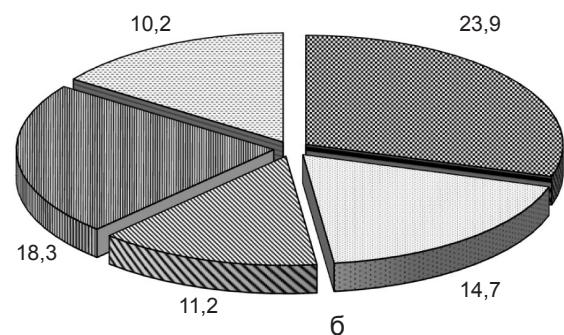
У спортсменов обеих групп из 16 возможных фиксируется лишь пять типов функционального состояния организма (Sb, SmSb, SbSm, SbSmSf, SmSfSb) [4]. При этом на 25-е и 26-е сутки после пребывания в горах в



большинстве случаев (71%) как в покое, так и во время проведения активной ортопробы наблюдаются состояния с преобладанием высокочастотного компонента (Sb, SbSm, SbSmSf) в спектре мощности кардиоинтервалов, что свидетельствует о ваготоническом типе вегетативного гомеостаза. У спортсменов, прошедших учебно-методический сбор на уровне моря, состояния с преобладанием высокочастотного компонента (SbSm, SbSmSf) составляют лишь 43% от их общего количества. При функциональных нагрузках у 20% спортсменов данной группы возникли неустойчивые состояния, описываемые спектральной формулой SmSfSb. Следует отметить, что эти состояния характеризуются незначительным повышением напряженности регуляторных процессов в организме и могут представлять один из вариантов нормальной реакции на нагрузку.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что у спортсменов после тренировок на уровне моря в состоянии относительного покоя и при функциональных нагрузках преобладают центральные и симпатические влияния. Кроме того, фактор неустойчивых состояний также начинает играть



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): а – после учебно-тренировочного сбора в горах; б – после учебно-тренировочного сбора на уровне моря

определенную роль в формировании реакции организма на нагрузку. У спортсменов после тренировок в горах преобладает активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и отсутствует фактор неустойчивых состояний.

2. 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 25–26-е сутки после возвращения с гор.

Л.І. Черкес, В.М. Ільїн

ФАКТОРИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН РЕГУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ОРГАНІЗМУ У СПОРТСМЕНІВ ПІСЛЯ ПЕРЕБУВАННЯ В УМОВАХ СЕРЕДНЬОГІР'Я

Проведено порівняльний аналіз функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів вищої кваліфікації, які спеціалізуються у швидкісно-силових видах легкої атлетики, після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я і на рівні моря. Показано, що підготовка в гірських умовах викликає позитивні ефекти, що проявляються у зміщенні вегетативного балансу в напрямку переважання вагусних впливів і підвищення стійкості до функціональних навантажень, котрі зберігаються і на 25–26-ту доби після повернення з гір. Водночас у спортсменів після тренування на рівні моря у стані відносного спокою і при функціональних навантаженнях переважають центральні і симпатичні впливи. Крім того, фактор нестійких станів починає відігравати певну роль у формуванні реакції організму на навантаження.

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

L.I. Cherkes, V.N. Ilyin

FACTORS DETERMINING THE FUNCTIONAL STATE OF REGULATORY SYSTEMS IN ATHLETES AFTER RETURN FROM ALTITUDE CONDITIONS

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

*Международ. центр астроном. и медико-экол. исследований НАН Украины, Киев;
Нац. ун-т физ. воспитания и спорта Украины, Киев
E-mail: ilyin.nufvsu@mail.ru*

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 25-26 days after return from the altitude. At the same time for sportsmen after training at the level of sea in a state of relative rest and central and sympathetic influences prevail at the functional loading. In addition, the factor of the unstable states also begins to play a certain role forming of reaction of organism on loading.

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

*The International Centre of Astronomy and Medical and Ecological Studies of NAS Ukraine;
National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. – К., 2006. – 558 с.
2. Булагова М.М., Платонов В.Н. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов // Спорт. медицина. – 2008. – № 1. – С.95–119.
3. Дмитрук А.И. Гипоксия и спорт: Учебно-методическое пособие. – СПб., 2007 – 44 с.
4. Ильин В.Н. Применение теории ультрастабильных систем для оценки функционального состояния организма человека // УСиМ. – 2000. – №1. – С.14–19.
5. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метод. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
6. Платонов В.Н. Адаптация в спорте. – К.: Здоров'я, 1988. – 216 с.
7. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. – К.: Олимп. лит-ра, 2004. – 808 с.
8. Шпак Т.В. Тренування велосипедисток високої кваліфікації в умовах середньогір'я // Теорія і методика фіз. виховання і спорту. – 2000. – № 1. – С.39–41.
9. Шпак Т.В., Кірієнко М.П. Підготовка велосипедистів високої кваліфікації в умовах середньогір'я // Спорт. медицина. – 2008. – № 1. – С.137–142.
10. Fuchs U., Reib M. Hohentraining. Trainer bibliotek. – Phillipka-Verlag, 1990. – 127 p.
11. Saltin B., Kim C.K., Terrados N., Larsen H., Svedenhag J., Rolf C. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 1995. – 5. – P. 222–230.
12. 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.
13. Wilmore J.H., Costill D.L. Physiology of sport and exercise. – Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004. – 726 p.