

**УДК: 616.12:616.78**

**ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ  
РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА У СПОРТСМЕНОВ  
НА 10-12 СУТКИ ПРЕБЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ**

*Черкес Л.И.<sup>1</sup>, Ильин В.Н.<sup>2</sup>, Сышко Д.В.<sup>3</sup>, Портниченко В.И.<sup>1</sup>, Михайлович М.М.<sup>4</sup>,  
Попадюха Ю.А.<sup>2</sup>, КовальС.Б.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Международный центр астрономических и медико-экологических исследований НАН  
Украины, Киев, Украина*

<sup>2</sup>*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина*

<sup>3</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>4</sup>*Черновицкий национальный университет им. Ю.Федьковича, Чернавы, Украина*

*E-mail: vilyin@volicable.com*

На 2-3 и 10-12 сутки пребывания в горах на высоте 2100 м в состоянии покоя лежа и при проведении активной ортостатической пробы обследованы 12 высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в беге на 400 и 800 м. На основании статистического и факторного анализа выявлены индивидуальные особенности вариабельности сердечного ритма, а также факторы, определяющие функциональное состояние регуляторных систем организма у спортсменов при долговременной адаптации к условиям среднегорья.

**Ключевые слова:** гипоксия, среднегорье, адаптация, кардиоритмография, спортсмен.

**ВВЕДЕНИЕ**

Высокий уровень достижений в современном спорте обуславливает необходимость постоянного совершенствования всех сторон подготовки спортсмена. Наряду с дальнейшей разработкой традиционных методов всесторонней подготовки спортсменов 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 горная подготовка спортсменов [1, 2].

Высокая эффективность горной подготовки как высокоэффективного средства повышения функциональных возможностей спортсменов и спортивных результатов во всех видах спорта, связанных с проявлением выносливости спортсменов, доказана многими исследователями работающими в области спортивной физиологии [3–7; 8]. 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 работы. Определение особенностей изменений функционального состояния регуляторных систем организма у высококвалифицированных спортсменов при долговременной адаптации к условиям среднегорья.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Во время учебно-тренировочного сбора в условиях среднегорья на высоте 2100 м на базе Эльбрусской медико-биологической станции Международного центра астрономических и медико-экологических исследований НАН Украины на 2-3 и 10-12 сутки пребывания в горах обследованы 12 спортсменов, квалификации мастер спорта и мастер спорта международного класса, членов сборной Украины, специализирующихся в беге на 400 и 800 м. Средний возраст обследованных спортсменов составлял  $24,5 \pm 3,06$  лет. Все спортсмены участвовали в кардиоритмографическом обследовании в состоянии покоя лежа и при проведении активной ортостатической пробы (АОП).

В соответствии с «Международным стандартом» в исследованиях продолжительность записи кардиоритмограмм (КРГ) составляла 5 минут (300 с). Рассчитывались статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов за указанный период времени: 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 являлись: мода (Mo), амплитуда моды (AMo), индекс напряженности (ИН), индекс вегетативной регуляции (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР) [9].

Спектральный анализ производился по методу быстрого преобразования Фурье. Определялись все спектральные максимумы и мощности спектра в  $ms^2/Гц$  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 в зависимости от нормальности распределения ряда определяемой по критерию Колмогорова-Смирнова, применялись методы параметрической и непараметрической статистики и факторного анализа [10].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

На основании анализа особенностей вариабельности сердечного ритма все обследованные спортсмены в начальный период адаптации к условиям среднегорья (2-3 сутки пребывания в горах) разделены на две группы (табл. 1).

Таблица 1  
Средние значения показателей математического анализа ритма сердца у спортсменов в состоянии относительного покоя в начальную фазу адаптации к условиям среднегорья

Показатели	Группа в целом (n=12)	1-я группа (n=5)	2-я группа (n=7)
RRNN, мс	787±38,7	679±35,3*	885±40,5
Mo, мс	752±42,7	641±40,9*	832±44,1
SDNN, мс	26,1±8,8	21,1±9,21	30,8±8,59
AMo, %	64±4,6	79±5,2*	54±2,2
ΔR-R, мс	352±98,1	320±105,9	368±92,4
CV, %	3,4±2,2	2,9±2,62	3,8±1,83
PNN50, %	7,2±3,12	3,8±2,92**	9,5±3,21
ИИ	179±53,0	281±85,3**	107±20,9
ИВР	187±60,3	281±73,1**	107±52,0
ПАПР	64±8,0	90±9,4*	46±7,1
ВПР	3,9±1,18	5,5±1,75*	2,8±0,78
VLF, мс <sup>2</sup> /Гц	715±155,9	581±172,8*	810±143,4
LF, мс <sup>2</sup> /Гц	603±116,9	639±161,1	592±84,5
HF, мс <sup>2</sup> /Гц	601±86,6	408±105,1*	740±73,9
VHF, мс <sup>2</sup> /Гц	449±88,0	755±124,5**	231±63,2
TP <sub>0-0,40</sub> , мс <sup>2</sup> /Гц	1915±314,9	1625±453,1	2147±213,6
LF/HF	1,04±0,151	1,58±0,214	0,79±0,102
ПАРС	5±1,7	6±0,4*	4±0,2

Примечание: среднее значение ± стандартная ошибка; различие между группами на уровне \* p<0,05; \*\* - p<0,01; достоверность отличий определялась с помощью непараметрического критерия Уилкоксона

В первую группу вошли спортсмены, у которых границы показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) смещены в область неадекватных реакций и высокого напряжения регуляторных систем организма, во вторую – у которых границы показателей ВСР ритма лежат в диапазоне, характерном для состояния нормы, покоя, адекватных реакций на функциональные нагрузки. Спортсмены первой группы составляли – 41,7%, второй – 58,3%.

**ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ...**

В Таблице 2 приведены результаты математического анализа ВСР у спортсменов в целом по всей группе и по двум выделенным группам на 10-12 сутки пребывания в условиях среднегорья. В сравнении с начальной фазой адаптации (табл. 1), у спортсменов на 12 сутки пребывания в условиях среднегорья в целом по группе мощности всех периодических компонент ВСР практически не изменились, за исключением достоверного ( $p<0,05$ ) увеличения мощности спектра в области высокочастотного компонента (HF), что привело к смещению вегетативного баланса в область преобладания парасимпатических влияний у спортсменов второй группы и тенденции к нормализации вегетативного баланса у спортсменов первой.

**Таблица 2**

**Средние значения показателей математического анализа ритма сердца у спортсменов на 12 сутки пребывания в условиях среднегорья**

Показатели	Группа в целом (n=12)	1-я группа (n=5)	2-я группа (n=7)
RRNN, мс	1004±16,4	824±24,4*	1130±17,5
Мо, мс	974±18,8	800±39,4*	1100±20,0
SDNN, мс	34,8±6,0	26,3±17,50	40,1±5,30
АМо, %	52±2,0	65±5,2*	43±2,2
ΔR-R, мс	181±45,2	153±39,4	208±56,5
CV, %	3,4±0,69	3,2±0,96	3,5±0,47
PNN50, %	4,3±1,73	<b>0,8±2,33**</b>	<b>6,8±1,11</b>
ИН	162±27,1	<b>265±85,3**</b>	<b>94±20,9</b>
ИВР	291±35,4	424±42,2**	206±32,1
ПАПР	54±3,6	<b>81±4,3*</b>	<b>39±3,4</b>
ВПР	6,2±0,66	<b>8,2±0,96*</b>	<b>4,7±0,52</b>
VLF, мс <sup>2</sup> /Гц	644±48,5	<b>416±58,6**</b>	<b>807±41,3</b>
LF, мс <sup>2</sup> /Гц	543±48,1	<b>619±64,2*</b>	<b>490±35,6</b>
HF, мс <sup>2</sup> /Гц	744±54,6	<b>531±88,4**</b>	<b>896±30,5</b>
VHF, мс <sup>2</sup> /Гц	442±40,3	<b>747±76,6**</b>	<b>224±14,2</b>
TP <sub>0-0,4</sub> , мс <sup>2</sup> /Гц	1947±105,4	<b>1581±167,2**</b>	<b>2209±61,3</b>
LF/HF	0,79±0,097	<b>1,17±0,115**</b>	<b>0,52±0,084</b>
ПАРС	2±0,2	<b>4±0,4*</b>	<b>1±0,2</b>

Примечание: среднее значение ± стандартная ошибка; различие между группами на уровне \*  $p<0,05$ ; \*\* -  $p<0,01$ ; достоверность отличий определялась с помощью непараметрического критерия Уилкоксона

Об этом свидетельствуют показатели (LF/HF), которые у спортсменов второй группы меньше 1, а у первой снизились от 1,58 до 1,17. На снижение в процессе адаптации активности регуляторных систем организма у спортсменов указывают и изменения показателей адекватности процессов регуляции (ПАПР) и активности регуляторных систем (ПАРС). На 10-12 сутки пребывания в условиях среднегорья ПАПР в целом по группе снизился с 64 до 54, а ПАРС с 5 до 2. Вследствие этого наметилась тенденция к снижению напряжения функционирования регуляторных систем. Так ИН на 10-12 сутки пребывания в среднегорье снизился в целом по группе со 179 до 162. Однако у спортсменов первой группы и на 10-12 сутки пребывания в горах сохранилась относительно высокая напряженность адаптационных процессов. Это подтверждают достоверно ( $p < 0,01$ ) более высокие в первой группе спортсменов значения ИН, ПАПР и ПАРС (табл. 2). Более высокие значения, чем у спортсменов второй группы значения АМо, ИВР, ВПР, LF/HF указывают на сохранение преобладания в вегетативном балансе у данных спортсменов симпатических влияний.

В то же время, более низкие ( $p < 0,01$ ), чем в целом по группе, значения VLF и  $TP_{0-0,40}$  и более высокие ( $p < 0,01$ ) значения VHF свидетельствуют о снижении у данных спортсменов центральных влияний на регуляцию сердечного ритма и активизацию в условиях среднегорья автономных звеньев регуляторной системы, более быстрых, но менее устойчивых к влиянию внешних факторов.

Проведенный факторный анализ показателей ВСР у обследованных спортсменов в начальную фазу адаптации к условиям среднегорья и на 10-12 сутки пребывания в горах позволил выделить пять факторов, описывающих 87,4% изменений в распределениях кардиоинтервалов в состоянии относительного покоя и при проведении активной ортопробы (рис. 1, 2).

В состав имеющего наибольший вес первого фактора - фактора централизации регуляторных механизмов и симпатических влияний входят VLF, АМо, которые характеризуют активность соответственно центрального контура регуляции, церебральных эрготропных влияний и симпатического отдела вегетативной нервной системы. Второй фактор – фактор вагусных влияний, содержит SDNN и HF, отражающих активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Третий фактор – фактор медленных волн или адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы входит LF. В четвертый фактор – фактор активности гуморального канала входят RRNN и Мо, характеризующие уровень функционирования синусового узла. Пятый фактор - фактор очень быстрых волн или фактор неустойчивых состояний содержит VHF, отражающий уровень активности регуляторных систем организма, включающийся при неспособности других звеньев регуляторной системы удержать организм в устойчивом функциональном состоянии.



Рис. 1. Удельные веса факторов, определяющих состояние регуляторных систем организма у спортсменов в состоянии относительного покоя и при проведении активной ортопробы в начальную фазу адаптации к условиям среднегорья

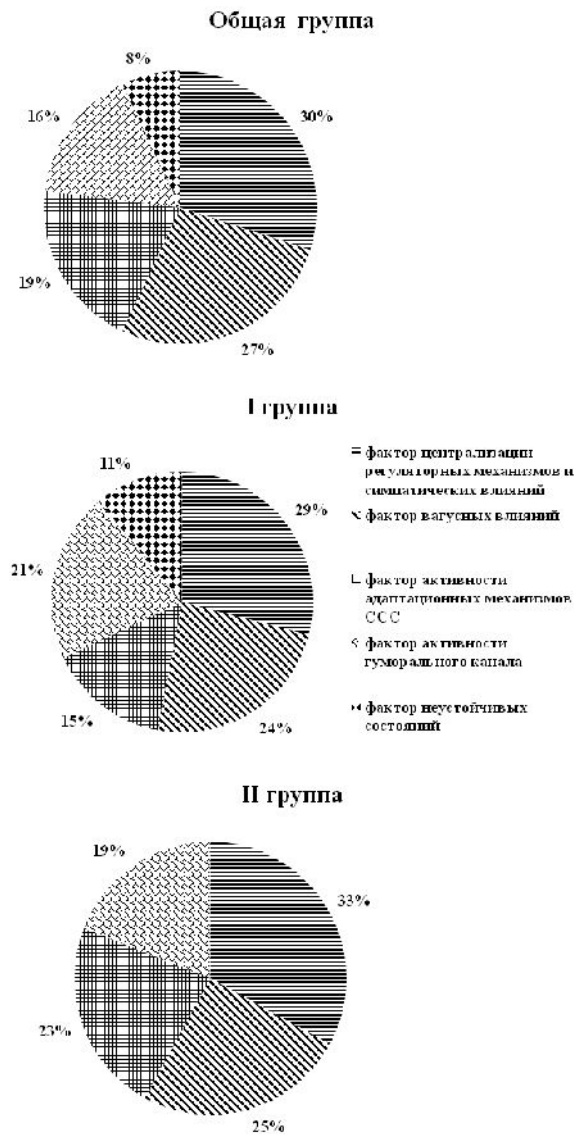


Рис. 2. Удельные веса факторов, определяющих состояние регуляторных систем организма у спортсменов в состоянии относительного покоя и при активной ортопробе на и на 10-12 сутки пребывания в условиях среднегорья.

В целом по всей группе состав этих факторов не изменился в процессе адаптации к горным условиям, однако изменился их веса (рис. 1 и 2). Увеличился с 22% до 27% вес фактора вегетативных влияний и с 12% до 16% фактора активности адаптивных механизмов ЦНС. Снизился с 19% до 11% вес фактора неустойчивых состояний. В тоже время увеличился с 13% до 20% вес фактора активности адаптивных механизмов, вес фактора централизации регуляторных механизмов практически не

изменился. Это может свидетельствовать о незавершенности адаптации спортсменов к условиям хронической гипоксии [11].

Факторный анализ показателей ВСР, проведенный отдельно для выделенных в начальной фазе адаптации к условиям среднегорья двух групп спортсменов, выявил, что у спортсменов первой группы на 10-12 день пребывания на высоте 2100 м наблюдаются благоприятные изменения в соотношениях факторов, определяющих функциональное состояние регуляторных систем организма. По сравнению с начальной фазой адаптации (рис. 1) снизился с 34% до 29% вес фактора централизации регуляторных процессов и с 19% до 11% вес фактора неустойчивых состояний, возрос с 10% до 24% вес фактора вагусных влияний (рис. 2). Эти данные свидетельствуют о наметившейся у спортсменов данной группы тенденции к нормализации вегетативного баланса и снижению напряженности функционирования регуляторных систем организма.

У спортсменов второй группы факторный анализ выделил лишь 4 фактора, определяющие функциональное состояние регуляторных систем организма на 10-12 день пребывания в условиях среднегорья (рис. 2). Отсутствует фактор неустойчивых состояний, что является благоприятным симптомом и свидетельствует о повышении устойчивости организма к гипоксии и физическим нагрузкам [12]. Однако сохранившиеся на 12 день пребывания в горах высокие веса факторов централизации регуляторных механизмов (33%) и активности адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы (23%) указывают на незавершенность адаптации к хронической гипоксии и у спортсменов второй группы.

#### **ВЫВОДЫ**

1. На основании анализа особенностей ВСР все обследованные спортсмены в начальный период адаптации к условиям среднегорья разделены на две группы. У спортсменов первой отмечается повышенная напряженность регуляторных процессов в организме, у них преобладают симпатических влияния. У спортсменов второй группы наблюдается сбалансированность симпатических и парасимпатических влияний и умеренное напряжение регуляторных систем организма.
2. Проведенный факторный анализ позволил выделить на уровне значимости  $>0,70$  пять факторов, описывающих 87,4% изменений в распределениях кардиоинтервалов в состоянии относительного покоя и при проведении активной ортопробы у спортсменов на 2-3 и 10-12 день пребывания в условиях среднегорья.
3. У спортсменов первой группы на 10-12 дни пребывания в условиях среднегорья наблюдаются благоприятные изменения в соотношениях факторов, определяющих функциональное состояние регуляторных систем организма, которые свидетельствуют о тенденции к нормализации вегетативного баланса и снижению напряженности функционирования регуляторных систем организма.
4. У спортсменов второй группы отсутствует фактор неустойчивых состояний, что является благоприятным симптомом и свидетельствует о повышении устойчивости организма к гипоксии и физическим нагрузкам. Однако сохранившиеся на 12 день пребывания в горах высокие веса факторов



централизации регуляторных механизмов и активности адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы указывают на неполную завершенность адаптации к хронической гипоксии.

#### Список литературы

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

**Черкес Л.И. Факторы, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму у спортсменів на 10-12 добу перебування в умовах середньогір'я / Л.И. Черкес, В.М. Ильин, Д.В. Сышко, В.И. Портниченко, М.М. Михайлович, Ю.А. Попадюха, С.Б. Коваль // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 244-252.**

На 2-3 і 10-12 добу перебування на висоті 2400 м у стані спокою і під час проведення активної ортопроби обстежено 12 висококваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються в бігу на 400 і 800 м. За допомогою статистичного і факторного аналізу з'ясовані індивідуальні особливості варіабельності серцевого ритму, а також чинники, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму у спортсменів під час довготривалої адаптації к умовам середньогір'я.

**Ключові слова:** гіпоксія, середньогір'я, адаптація, кардіоритмографія, спортсмен.

**Cherkes L.I. Factors determining the functional state of regulatory systems in athletes spending 10 to 12 days at mid-range altitudes / L.I. Cherkes, V.N. Ilyin, D.V. Syshko, V.I. Portnichenko, M.M. Mikhailovych, Y.A. Popadyuha, S.B. Koval // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 1. – P. 244-252.**

We tested 12 athletes on 2<sup>nd</sup>-3<sup>rd</sup> and 10<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> day of their stay at mid-range altitude. The tests were carried out while athletes were lying down as well as during of active orthoprobe. The athletes were the runners (400 and 800 meters distances). Our statistical and factor analysis revealed the individual characteristics of cardiac rhythm variability as well as factors that determine the functional state of regulatory systems responsible for adaptation.

**Keywords:** hypoxia, mid-range altitude, adaptation, cardiorythmographia, athlete.

*Поступила в редакцію 22.01.2012 г.*