

# ВОЗРАСТНЫЕ И СПОРТИВНО-КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ КАРДИОПУЛЬМОНАЛЬНЫЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА, РАЗВИВАЮЩИХ ВЫНОСЛИВОСТЬ

А.П. Исаев, А.С. Аминов, В.В. Эрлих, Ю.Б. Хусайнова, Э.Э. Маматов

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Институт спорта, туризма и сервиса, Центр оперативной оценки состояния человека, Челябинск, Россия

Для связи с авторами: 454080, Россия, г. Челябинск. Южно-Уральский государственный университет.

E-mail: julya-74@yandex.ru, tmfcs@mail.ru

## Аннотация:

Аннотация. Представлены возрастные и квалификационные характеристики кардиопульмональной системы пловцов. Выявлены ауksологические особенности легочной вентиляции и газообмена, объемные, скоростные характеристики дыхания. Методом спектрального анализа определены доминантные особенности регуляции кровообращения бегунов на средние дистанции. Установлены корреляционные градации интеграций внутрисистемного уровня спортсменов, выявлены факторы риска, переходные состояния, особенности биоэнергетических процессов управления.

**Ключевые слова:** внешнее дыхание, газообмен, артериальное давление, корково-подкорковые, гуморально-гормональные, периферические вклады регуляции кровообращения.

## AGE AND SPORTS AND QUALIFICATION KARDIOPULMONALNY AND SPECTRAL CHARACTERISTICS OF ATHLETES OF THE CYCLIC SPORTS DEVELOPING ENDURANCE

A.P. Isaev, A.S. Aminov, V.V. Ehrlich, Y.B. Khusainova, E.E. Mamatov

South Ural State University, Institute Sports, tourism and service, Center of an operational assessment of a condition of the person, Chelyabinsk, Russia

### Abstract:

Age and qualification characteristics of kardiopulmonalny system of swimmers are submitted. Auksologicheskyye features of pulmonary ventilation and gas exchange, volume, high-speed characteristics of breath are revealed. The method of the spectral analysis determined prepotent features of regulation of blood circulation of runners on average distances. Correlation gradation of integration of intrasystem level of athletes are established, risk factors, transitional conditions, features of biopower management processes are revealed.

**Key words:** external breath, gas exchange, arterial pressure, cortical and subcrustal, humoral and hormonal, peripheral deposits of regulation of blood circulation.

## ВВЕДЕНИЕ

Физические нагрузки современного спорта в подростковом возрасте приблизились к аналогичным во взрослой популяции спортсменов. В связи с ростом и развитием критических периодов и факторов риска возникает необходимость в индивидуализации процесса подготовки с учетом адекватности физических нагрузок факторам воздействия. Возможности «Центра оперативной оценки состояния человека» позволяют диагностировать и корректировать переходные состояния, восстановительные процессы, предупреждать фазы переутомления.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применялась диагностическая эргометрическая установка «Шиллер», позволяющая получать данные легочной вентиляции, газообмена, вентиляционных эквивалентов и дыхательного коэффициента через 30 с, интервалы нагрузок 60, 120, 180 и 260 Вт при 60 оборотов педалей.

На заключительном этапе подготовки к соревнованиям исследовалась функция внешнего дыхания (ФВД) юных пловцов и бегуний на средние дистанции в условиях мегаполиса

г. Челябинска в Центре оперативной оценки состояния человека. Проведено сравнение показателей ФВД девушек из спортивного плавания с квалификацией КМС в возрасте  $15,75 \pm 0,53$  года ( $n=8$ ) и легкоатлеток - «средневики» ( $n=12$ ) в возрасте  $17,02 \pm 0,05$  года (КМС, МС). Выявлены специфические воздействия вида спорта и условий проведения тренировочных занятий. Действительно, специфические условия плавания с современными способами очистки воды оказывают непосредственное влияние на ФВД.

Эргоспирометрическая оценка физической работоспособности пловцов обнаружила следующие эргоспирометрические показатели пловчих 11-12 лет, представленные в таблице 1.

Как следует из таблицы 1, объем потребляемого  $O_2$  от состояния относительного покоя к АНП увеличился в 20,40, а при максимальной нагрузке относительно значений при анаэробном пороге – 1,24 раза. Объем потребляемого  $O_2$  на 1 кг массы тела, соответственно, изменился в 6,36 и 1,22 раза, объем выдыхаемого  $CO_2$  – в 7,14 и 1,33 раза, дыхательный коэффициент – в 1,05 и 1,07 раза. Наблюдался сдвиг баланса энергообеспечения векторно к углеводам ( $RQ=1$ ). При максимальной на-

грузке проявлялся лактоацидоз. Объем выдыхаемого воздуха изменялся, соответственно, в 6,83 и 1,33 раза, а дыхательный объем – в 3,40 и 1,15 раза, значения частоты дыхания – в 1,81 и 1,13 раза, отношение вентиляции физиологически мертвого пространства к дыхательному объему – в 0,67 и 0,83 раза, вентиляционный эквивалент  $O_2$  – в 1,04 и 1,11 раза, а  $CO_2$  – в 1,01 и 1,03 раза. Объем выделяемой через легкие двуокиси углерода в покое составил 104,17 % объема поглощаемого в легких кислорода. Давление  $O_2$  в конце вдоха изменялось в 0,93 и 1,02 раза, а давление  $CO_2$  в конце выдоха – в 1,38 и 1,82 раза. Частота сердцебиений увеличивалась, соответственно, в 2,28 и 1,85 раза. Кислородный пульс повысился в 3,29 и 1,19 раза. Систолическое АД возрастало, соответственно, в 1,37 и 1,03 раза, диастолическое – в 1,14 и 1,03 раза.

Объем выведенной через легкие двуокиси углерода составил 104,17 % объема поглощенного в легких кислорода. Дыхательный коэффициент свидетельствовал о доминировании углеводно-белкового энергообеспечения, что соответствует возрастным потребностям организма детей в стадии начала пубертатного развития. Потребление кисло-

Таблица 1 – Эргоспирометрические значения пловчих 11-12 лет,  $n=15$

Параметры	Показатель	АНП	Мах нагр.	Показатель	АНП	Мах нагр.
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$m_1$	$m_2$	$m_3$
Нагрузка, Ватт		141,67	166,67	2,89	2,89	0,01
Объем потребляемого кислорода, л/мин	0,05	1,02	1,26	0,05	0,01	0,01
Объем потребляемого кислорода на 1 кг веса, мл/кг/мин	3,80	24,17	29,47	1,59	0,61	0,00
Объем выдыхаемого $CO_2$ , л/мин	0,14	1,00	1,33	0,04	0,03	0,01
Дыхательный коэффициент RER, усл.ед.	0,93	0,98	1,05	0,01	0,02	0,05
Кровообращение						
Частота сердечных сокращений, 1/мин	75,33	172,00	181,33	2,42	1,73	0,01
Кислородный пульс, мл/уд	1,80	5,93	7,00	0,24	0,12	0,02
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст	115,36	158,67	162,00	5,43	6,47	5,98
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст	75,34	86,00	88,33	0,81	2,08	4,51
Вентиляция						
Объем выдыхаемого воздуха, л/мин	4,00	27,33	36,33	1,73	0,46	0,01
Дыхательный объем, л	0,25	0,85	0,98	0,04	0,01	0,00
Частота дыхания, 1/мин	18,20	33,00	37,20	1,92	0,94	0,02
Отношение вентиляции физиологического мертвого пространства к дыхательному объему, %	98,33	65,67	54,67	2,42	1,96	0,00
Газообмен						
Эквивалент $O_2$ , усл.ед.	24,00	25,00	27,67	0,58	0,12	0,68
Эквивалент $CO_2$ , усл.ед.	25,00	25,33	26,00	0,69	0,58	0,93
Давление $O_2$ в конце вдоха, мм рт. ст	113,40	105,13	107,43	0,36	0,44	0,76
Давление $CO_2$ в конце выдоха, мм рт. ст	27,50	37,87	38,50	0,60	0,66	0,82

рода на 1 кг массы тела у младших подростков при максимальной нагрузке и в покое превосходило аналогичные значения у взрослых спортсменов и уступало значениям подростков 13-14 лет при достижении АНП и максимальной нагрузке (табл. 2). Можно полагать, что потребление  $O_2$  зависит от возможностей кислородтранспортной системы и системы утилизации кислорода, экстрагирующей и утилизирующей кислород. Скелетные мышцы получают основную часть сердечного выброса в зависимости от интенсивности работы и количества вовлеченных в работу мышечных групп до 80-90 %. Для получения необходимой энергии работающими мышцами усиливается менее эффективный путь ее образования – анаэробный, приводящий к повышенной продукции лактата. Его взаимодействие с бикарбонатным буфером является источником дополнительного  $CO_2$ , который стимулирует дыхание и вызывает рост легочной вентиляции.

Эргоспирометрические данные девушек 13-14 лет представлены в таблице 2. Эргоспирометрические показатели девушек 15-17 лет, занимающихся плаванием, иллюстрированы в таблице 3.

В таблице 3 представлены результаты ис-

следования пловцов высокой квалификации (МС, КМС).

Как следует из таблицы 3, нагрузка при достижении анаэробного порога (АНП) варьировалась и составила  $171,88 \pm 9,38$  Вт. Объем потребления  $O_2$  последовательно увеличивался, достигая 1,65 л/мин при максимальной нагрузке. Соответственно возрастал объем относительно потребляемого кислорода. При этом темпы изменений анализируемых показателей, соответственно, равнялись: 20,63; 1,09; 19,10 и 1,09 усл. ед. Объем выдыхаемого  $CO_2$  последовательно увеличивался, составив повышение в 24,50 и 1,16 раза. Значения дыхательного коэффициента возросли в 1,64 и 1,05 раза. При этом нагрузка от АНП до максимальной повысилась в 1,09 раза. Следовательно, пропорциональность показателей на пике нагрузок сохранялась. Однако у обследуемых спортсменов в питании доминировали жиры ( $RQ > 0,7$ ). Что касается вентиляционных характеристик, то, соответственно, увеличивались: объем выдыхаемого воздуха - в 19,40 и 1,15 раза; дыхательный объем – в 2,8 и 1,09 раза; частота дыхания – в 3,18 и 1,06 раза; отношение вентиляции физиологически мертвого пространства к дыхательному объему составило 0,64 и 0,89 %. Итак, среди

Таблица 2 – Эргоспирометрические значения пловчих 13-14 лет, n=13

Параметры	Показатель	АНП	Мах нагр.	Показатель	АНП	Мах нагр.
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$m_1$	$m_2$	$m_3$
Нагрузка, Ватт		175	175		5,27	5,27
Объем потребляемого кислорода, л/мин	0,07	1,85	1,85	0,01	0,06	0,06
Объем потребляемого кислорода на 1 кг веса, мл/кг/мин	1,4	37,8	37,8	0,04	1,14	1,14
Объем выдыхаемого $CO_2$ , л/мин	0,05	1,832	1,832	0,01	0,06	0,06
Дыхательный коэффициент RER, усл.ед.	0,71	0,99	0,99	0,01	5,27	5,27
Кровообращение						
Частота сердечных сокращений, 1/мин	100	175	175	3,01	5,27	5,27
Кислородный пульс, мл/уд	0,7	10,6	10,6	0,02	0,32	0,32
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	115,84	112	112	5,78	3,37	3,37
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	76,45	76	76	4,98	2,29	2,29
Вентиляция						
Объем выдыхаемого воздуха, л/мин	2	52	0,06	1,57	1,57	0,06
Дыхательный объем, л	0,17	1,28	0,01	0,04	0,04	0,01
Частота дыхания, 1/мин	11	40,5	0,33	1,22	1,22	0,33
Отношение вентиляции физиологического мертвого пространства к дыхательному объему, %	98	32	32	4,35	2,96	3,46
Газообмен						
Эквивалент $O_2$ , усл.ед	18	27	0,54	0,81	0,81	0,54
Эквивалент $CO_2$ , усл.ед		27	0,00	0,81	0,81	0,00
Давление $O_2$ в конце вдоха, мм рт. ст.	104,2	104,7	3,14	3,15	3,15	3,14
Давление $CO_2$ в конце выдоха, мм рт. ст.	29,7	38,1	0,89	4,15	5,15	0,19

Таблица 3 – Эргоспирометрические значения пловчих 15-17 лет, n=12

Параметры	Показатель	АнП	Мах нагр	Показатель	АП	Мах нагр
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>
Нагрузка, Ватт		171,88	187,50		9,38	9,38
Объем потребляемого кислорода, л/мин	0,08	1,51	1,65	0,02	0,18	0,18
Объем потребляемого кислорода на 1 кг веса, мл/кг/мин	1,39	26,58	28,91	0,31	2,35	2,41
Объем выдыхаемого CO <sub>2</sub> , л/мин	0,06	1,47	1,70	0,01	0,18	0,19
Дыхательный коэффициент RER, усл. ед.	0,59	0,97	1,02	0,05	0,01	0,03
Кровообращение						
Частота сердечных сокращений, 1/мин	81,75	172,75	179,38	4,00	2,63	3,13
Кислородный пульс, мл/уд	0,99	8,73	9,18	0,19	0,96	0,96
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	0,00	172,38	170,38	0,00	5,38	7,38
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	0,00	98,75	92,00	0,00	7,88	3,13
Вентиляция						
Объем выдыхаемого воздуха, л/мин	2,00	38,88	44,75	0,38	3,00	3,13
Дыхательный объем, л	0,15	1,26	1,37	0,03	0,13	0,14
Частота дыхания, 1/мин	9,61	30,59	32,38	2,03	1,68	1,94
Отношение вентиляции физиологического мертвого пространства к дыхательному объему, %	98,25	63,00	56,38	0,25	2,63	5,63
Газообмен						
Эквивалент O <sub>2</sub> , усл. ед.	11,75	24,38	25,63	1,25	0,38	0,38
Эквивалент CO <sub>2</sub> , усл. ед.	14,25	25,00	25,00	0,88	0,25	0,25
Давление O <sub>2</sub> в конце вдоха, мм рт. ст.	79,91	104,88	106,99	1,56	1,39	1,61
Давление CO <sub>2</sub> в конце выдоха, мм рт. ст.	23,10	39,85	39,63	0,79	0,95	1,04

факторов, определяющих легочную вентиляцию, объемы оказывали большое влияние на ее производные. У данной группы спортсменов при реакции O<sub>2</sub> с жирами большее количество кислорода соединяется с атомами водорода жира и вместо CO<sub>2</sub> образуется вода. При функциональном питании дыхательный коэффициент в модельных значениях равен 0,825 ед.

Значения газообмена изменялись следующим образом в зависимости от состояния относительного покоя к АнП и максимальной нагрузки: эквивалент O<sub>2</sub> – в 2,07 и 1,05 раза; O<sub>2</sub> – в 1,75 и 1,00 раза; давление O<sub>2</sub> в конце вдоха – в 1,31 и 1,02 раза; давление CO<sub>2</sub> в конце выдоха – в 1,73 и 0,99 раза. Следовательно, в период повышения эргоспирометрической нагрузки газообменные сдвиги произошли векторно к усилению кислородзависимых характеристик. Известно, что около s потребляемого кислорода метаболизируется в CO<sub>2</sub>. Соответственно, CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) в покое составляет примерно 190 мл/мин, а отношение VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub> – дыхательный коэффициент – RQ=0,75-0,85 ед.

В исследовании убедительно показано, что тренировочные воздействия, не адекватные функциональным возможностям, приводят к

негативным результатам, требующим коррекции тренировочного процесса и биоуправления динамическим гомеостазом.

Обследованию подверглись 20 спортсменов, готовящихся к первенству РФ. Функция внешнего дыхания оценивалась в день отдыха на аппарате «Этон» [1], а интерпретация данных проводилась по А.М. Старкову, Н.В. Смирнову (2003).

Длина тела девушек в спортивном плавании составила 170,75±3,18 см и варьировала в диапазоне 162-186 см. У легкоатлетов длина тела составила 165,80±2,79 (161-174 см), масса тела, соответственно, была 47,50±2,39 кг (41-61 кг) и 50,80±2,36 кг (45-56 кг). Индекс массы тела, соответственно, равнялся 18,66±0,26 кг/м<sup>2</sup> и 18,48±0,29 кг/м<sup>2</sup>. Следовательно, в ключевых антропометрических показателях у представительниц двух видов спорта не выявлены существенные различия в длине и массе тела. Однако приоритетно выглядели представители спортивного плавания. Индекс состояния бронхиальной проходимости у представительниц плавания был 2,54±0,24 усл. ед., а у легкоатлетов - 1,76±0,08 усл. ед. (p<0,01). Вполне вероятно, что условия бассейна (экологически неблагоприятные) негативно влияют на бронхиально-альвеолярную проходимость.

Далее увидим, на уровне каких бронхов выявляются неблагоприятные сдвиги. Пищевой статус спортсменок находился в референтных границах. Результаты исследования ФВД пловцов представлены в таблице 4.

Значения жизненной емкости легких у представительниц двух циклических видов спорта существенно не различались. Показатели частоты дыхания в состоянии относительного покоя были выше у пловцов ( $p < 0,05$ ). Значения ДО, МОД, РО, Евд, ФЖЕЛ статически не различались. Показатели ОФВ<sub>0,5</sub>, ОФВ<sub>1</sub>вд были выше у легкоатлеток ( $p < 0,05$ ). Показатели МОК, СОС, СПВвд, ОФВпос, ТФЖЕЛ, Тпос. значимо не различались. Достоверно выше у бегунов была площадь петли ФЖЕЛ в координатах «расход-объем» ( $p < 0,01$ ). Существенно не различались отношения МОС к ЖЕЛ и ФЖЕЛ, Тау, ФЖЕЛвд, ОФВ<sub>1</sub>вд. Несколько выше были у легкоатлеток параметры ПОСвд, достоверно - МОС<sub>50</sub>вд ( $p < 0,05$ ). У легкоатлеток существенно выше были значения МВЛ ( $p < 0,01$ ). Можно полагать, что условия водной среды оказывали специфическое влияние на ПОС, МВЛ, объемные, пространственные и скоростные характеристики девушек в плавании.

Таким образом, при относительно не различающихся морфологических показателях пространственные, объемные и скоростные характеристики преобладали на достоверно более высоком уровне у легкоатлеток. Относительно должных показатели ПОС составили 81,86 % МОС<sub>75</sub> – 92,49 %, МОС<sub>50</sub> – 86,46 %, СОС<sub>25</sub> – 92,63 %, индекс Тиффно – 97,13 %, ОФВ<sub>1</sub> – 102,86 %, ФЖЕЛ – 103,94 %, ЖЕЛ – 106,55 %. Анализируя вышепредставленные данные, можно заключить, что показатели ФВД пловцов находились в референтных границах. Приоритетно выглядят объемные характеристики функции дыхания и несколько ниже от должных – пиковые объемные скоростные звенья. Полученные данные вызвали необходимость коррекции отдельных показателей ФВД. Представленные данные позволили выявить возможности ФВД в условиях тренировки, развивающих ЛРМВ в подготовительном, соревновательном периоде, и нагрузок специальной направленности, своевременно вносить коррективы в тренировочный процесс и восстановление спортсменок. Выявлено отставание пловцов в значениях индекса бронхиальной проходимости, особенно в состоянии средних брон-

Таблица 4 – Состояние функции внешнего дыхания юных пловчих

Показатели	ЖЕЛвд, л	ЖЕЛвд, л	ЧД, кол-во	ДО, л	МОД, л
М±m	4,00	3,98	17,82	0,71	12,36
	0,15	0,15	1,48	0,05	0,99
Показатели	ОФВ <sub>1</sub> вд, л	Индекс Генслера, %	Индекс Тиффно, %	ПОСвд, л/с	МОС <sub>25</sub> , л/с
М±m	3,35	85,86	84,50	5,73	5,19
	0,11	2,69	2,45	0,27	0,17
Показатели	ОФВ, л	Аех, л <sup>2</sup> /с	ТФЖЕЛ, с	ТПОСвд, с	СПВвд, с
М±m	0,57	13,98	2,24	0,17	0,60
	0,06	0,78	0,28	0,01	0,03
Показатели	ФЖЕЛвд, л	ОФВ <sub>1</sub> вд, л	ПОСвд/ФЖЕЛвд, %	ПОСвд, л/с	МОС <sub>50</sub> вд, л/с
М±m	3,85	2,26	84,24	4,12	3,53
	0,15	0,40	2,71	0,31	0,32
Показатели	Ровд, л	Евд, л	ФЖЕЛ, л	ОФВ <sub>0,5</sub> , л	Ровд, л
М±m	1,18	2,80	2,93	2,13	2,09
	0,07	0,21	0,14	0,06	0,20
Показатели	МОС <sub>75</sub> , л/с	СОС <sub>0,2</sub> , л/с	СОС <sub>25</sub> , л/с	СОС <sub>75</sub> , л/с	МОС <sub>50</sub> , л/с
М±m	2,34	5,25	3,82	1,88	4,15
	0,22	0,23	0,19	0,24	0,15
Показатели	МОС <sub>50</sub> /ФЖЕЛ, %	МВЛ, л/мин	Тау1m	Тау2m	МОС <sub>50</sub> /ЖЕЛ, %
М±m	105,18	98,93	0,48	0,41	106,41
	4,97	5,67	0,08	0,05	5,04

ОФВ<sub>1</sub> – объем форсированного выдоха за 1 с; ПОС – пиковая скорость выдоха; МОС – максимальная объемная скорость; Аех – площадь петли ФЖЕЛ в координатах расход-объем; СПВ – среднее переходное время; РО – резервный объем; Евд – емкость вдоха; Тау – параметры, определяющие степень вогнутости кривой форсированного выдоха в координатах «поток-объем»

хов, максимальной легочной вентиляции, по сравнению с бегуньями. Возникает необходимость вынесения части занятий в условия лесной местности, а не только в зал сухого плавания. Сравнение ФВД двух видов спорта позволяет выявить различающиеся ведущие факторы.

В исследовании, проведенном в октябрь-ноябре 2011 года принимали участие 15 бегуний в возрасте 17-20 лет, спортивной квалификации КМС (n=10) и МС (n=5). Для получения спектральных характеристик гемодинамики применялась диагностирующая система «МАРГ 10-01. Микролюкс». Спортсменки обследовались через 3 дня после приезда из Челябинска в Кисловодск в позах лежа, стоя, при задержке дыхания и аналогично через 15 дней пребывания в горах. С целью ускорения процесса акклиматизации спортсменки в условиях равнины пять раз в день осуществляли задержку дыхания в условиях относительного покоя с промежутками времени между пробами не менее 5 минут. Кроме этого были проведены 8 тренировок в условиях пробегания отрезков 60 м по 10 раз без дыхания в режиме повторного метода и паузой отдыха 120 с после каждого ускорения, а также 60 м по 10 раз в переменном методе (20 м спокойно, 20 м ускорение максимальное и 20 м спокойный бег без дыхания), а рекреация после бега составляла 90 с.

Структура процесса тренировки включала при двухцикловом годовом цикле 50 % гравитационных и баллистических двигательных действий, сочетаемых в течение 3 месяцев со специальной тренировкой бегуний (кросс, стрейчинг, плавание, тренажеры, сауна, массаж, тонизирующие препараты растительного происхождения, рефлексотерапия). Этап интерференции (перехода физических качеств в специальные двигательные навыки) длился 2 месяца. Велась подготовка к зимнему чемпионату РФ.

Было проведено сравнение значений спектрального анализа в 3 изучаемых состояниях. Так, в пробе лежа достоверные различия в мощности спектра (power) выявлялись в показателях дыхательных волн сосудов (Resp X, Resp T;  $p < 0,05$ ,  $0,001$ ), АТОЕ ( $p < 0,01$ ),

АТНRX ( $p < 0,05$ ), FW ( $p < 0,05$ ), EF ( $p < 0,01$ ), СО ( $p < 0,001$ ), SV ( $p < 0,01$ ). Следовательно, в процессе акклиматизации в нижнем среднегорье наибольшие сдвиги произошли в значениях функции миокарда (СО, SV, EF), больших и малых сосудах, дыхательных волн сосудов, диастолической волне наполнения сердца (FW). Исходя из полученных данных можно заключить, что процесс пребывания в горах сопровождался снижением напряжения гемодинамики, экономизации, повышением адаптации отдельных функций кровообращения и механизмов ее регуляции к воздействиям средовых факторов.

Показатели средней частоты спектра статически значимо изменялись в параметрах АТОЕ ( $p < 0,05$ ), АТНRX ( $p < 0,05$ ), FW ( $p < 0,05$ ), EF ( $p < 0,05$ ), СО ( $p < 0,05$ ), SV ( $p < 0,01$ ), HR ( $p < 0,05$ ), BR ( $p < 0,05$ ). Следовательно, середина спектра медленноволновых колебаний существенно изменялась в результате барорегуляции, функциональных сдвигов в миокарде, мелких (АТОЕ) и крупных (АТНRX) сосудах. Что касается вклада различных факторов в регуляцию гемодинамики в условиях акклиматизации, то относительно изучаемых показателей ВР, HR, СО, EF, АТНRX, Resp T произошло снижение гуморально-гормональных влияний и повышение в значениях амплитуды револуны аорты (АТНRX). В остальных параметрах сдвигов не произошло. На этом фоне симпатико-парасимпатические влияния ВНС и барорефлекторные воздействия повысились в следующих величинах: ВР, СО, EF, АТОЕ, Resp X, Resp T, то есть вклад результатов барорегуляции, функции миокарда, мелких сосудов и дыхательных волн сосудов более значим. Снижился вклад в регуляцию ЧСС и УО (HR, SV). Следует отметить, что как на равнине, так и в горах доминировали гуморально-гормональные и симпатико-парасимпатические факторы. Далее в порядке значимости следовал вклад центрально-нервных факторов и периферических. Обследуемые спортсмены дифференцировались по фазам поисковой и развивающей адаптации, о чем свидетельствовала векторная направленность отдельных показателей кровообращения. Через две недели

бегуны находились в фазах развивающей и формирующей адаптации. Процесс акклиматизации вызывал глубокие сдвиги в центральной регуляции кровообращения. Так, вклад в регуляцию следующих показателей повысился: BP, SV, Resp T, а остальных снизился. Из этих и предыдущих данных следует, что фазовый процесс адаптации варьировал в различных звеньях кардиогемодинамики за время пребывания в среднегорье от поисковой до формирующей стадии.

При этом в периферической регуляции гемодинамики вклады ряда показателей повышались: HR, SV, CO, FW, ATHRX, Resp T, а остальных значений снижались или не изменялись (BP). Явно усматривается задействованность разных механизмов в регуляции кровообращения. Снижению подвергались:

функция сердца, сосудов и частично - амплитуды дыхательных волн сосудов. Включение вклада автономных механизмов свидетельствует об адаптивных процессах в системе кровообращения.

При активном ортостазе в значениях мощности спектра произошли существенные изменения в сравнимых данных 1-2-го исследований: SV ( $p<0,05$ ), FW ( $p<0,05$ ), ATHRX ( $p<0,05$ ). Остальные значения достоверно не изменялись. Следовательно, сдвиги произошли в функции сердца и крупных сосудов (ударный объем, диастолическая волна наполнения аорты). В значениях середины спектра различий не выявлялось. В регуляции кровообращения вклад гуморально-гормональных воздействий при сравнении показателей в 1-2-м обследовании выявил увеличение: HR,

**Таблица 5 – Сравнительные значения вкладов в регуляцию кровообращения бегуний при акклиматизации в среднегорье**

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	3,15	0,10	0,89	1,55	0,54	0,18	28,13	49,07	17,01	5,79
	m	1,97	0,02	0,77	0,85	0,18	0,16				
	M	8,35	0,04	0,17	3,34	4,45	0,39	2,05	39,95	53,32	4,68
	m	0,74	0,01	0,08	0,41	0,14	0,10				
HR	M	35,55	0,05	2,04	12,47	18,84	2,19	5,75	35,07	53,01	6,17
	m	15,11	0,01	1,29	3,42	8,93	1,47				
	M	40,67	0,02	17,48	22,65	0,54	0,00	42,99	55,69	1,32	0,00
	m	7,34	0,00	3,42	3,80	0,12	0,00				
SV	M	5,76	0,08	0,78	1,76	2,78	0,44	13,55	30,59	48,20	7,66
	m	2,23	0,01	0,65	0,76	0,61	0,21				
	M	10,80	0,04	0,84	7,15	2,49	0,32	7,77	66,17	23,08	2,97
	m	7,25	0,00	0,60	4,83	1,66	0,15				
CO	M	0,03	0,10	0,00	0,01	0,01	0,00	14,29	28,57	42,86	14,29
	m	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00				
	M	0,09	0,05	0,00	0,02	0,07	0,01	0,00	20,00	72,00	8,00
	m	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				
EF	M	1,07	0,07	0,06	0,34	0,58	0,09	5,78	31,63	54,42	8,16
	m	0,43	0,01	0,04	0,12	0,23	0,05				
	M	2,46	0,04	0,16	1,08	1,13	0,09	6,39	44,13	45,91	3,57
	m	1,17	0,00	0,08	0,67	0,38	0,04				
FW	M	0,83	0,06	0,15	0,33	0,26	0,10	17,54	39,91	30,70	11,84
	m	0,24	0,01	0,04	0,08	0,08	0,03				
	M	2,51	0,03	0,24	0,93	1,23	0,12	9,43	37,16	48,77	4,64
	m	0,33	0,00	0,06	0,11	0,13	0,03				
ATHRX	M	0,08	0,15	0,00	0,02	0,05	0,00	4,76	23,81	66,67	4,76
	m	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00				
	M	0,20	0,14	0,01	0,05	0,13	0,02	3,57	23,21	62,50	10,71
	m	1,34	0,02	0,02	0,43	0,83	0,06				
ATOE	M	32,26	0,01	14,15	17,37	0,53	0,21	43,88	53,84	1,63	0,66
	m	9,60	0,00	4,24	5,19	0,09	0,08				
	M	34,08	0,08	13,07	19,43	1,58	0,00	38,35	57,01	4,64	0,00
	m	8,15	0,00	3,21	4,39	0,55	0,00				
RespX	M	1239,29	0,13	5,05	35,46	592,76	606,02	0,41	2,86	47,83	48,90
	m	579,91	0,03	2,80	21,59	340,10	215,43				
	M	1102,95	0,08	2,36	21,44	445,39	633,76	0,21	1,94	40,38	57,46
	m	280,16	0,01	3,31	21,06	132,18	123,60				
RespT	M	4,93	0,05	1,15	1,48	1,69	0,61	23,33	30,00	34,22	12,44
	m	2,52	0,02	0,21	0,29	1,46	0,55				
	M	262,14	0,08	3,96	22,96	151,79	83,43	1,51	8,76	57,91	31,83
	m	5,53	0,01	0,18	0,68	2,05	2,63				

SV, CO, EF, АТНRX, Resp X, АТОЕ. Остальные значения снижались или почти не менялись: BP, Resp T. Следовательно, изменения были в значениях функции сердца и сосудов, а также амплитуды револн дыхательных сосудов. Вклад симпатико-парасимпатических факторов, в том числе механизмов барорегуляции, выявил увеличение следующих параметров: АТНRX, АТОЕ. Остальные звенья гемодинамики или снизились, или оставались неизменными (барорегуляция, FW, Resp T). Можно полагать, что активация в регуляторных процессах была на уровне функций сосудов. Вклад центральных звеньев регуляции во 2-м исследовании усилился в следующих звеньях: HR, CO, EF. Значения остальных показателей в регуляции гемодинамики в горах снизились. Можно говорить о том, что вклад в регуляцию функции сердца увеличился, а сосудов, в том числе дыхательных волн сосудов, - уменьшился.

В таблице 5 представлены приоритетные сдвиги общей мощности и средней частоты спектра дифференцирования вкладов медленноволновой активности в регуляцию дыхания в 1 и 2-м обследовании в среднегорье. Как видно из таблицы 5, мощность спектра BP в условиях акклиматизации существенно повышалась - ( $p < 0,01$ ), VO ( $p < 0,05$ ), МОК ( $p < 0,001$ ), EF ( $p < 0,05$ ), FW ( $p < 0,01$ ), АТНRX ( $p < 0,01$ ), Resp T ( $p < 0,001$ ), а показатели амплитуды револны мелких сосудов, Resp X значимо не изменялись. Следовательно, изменения произошли в барорегуляции функции сердца, сосудов и отдельных дыхательных волн сосудов.

Значения Fm достоверно снижались в следующих показателях: BP ( $p < 0,01$ ), SV ( $p < 0,01$ ), CO ( $p < 0,01$ ), EF ( $p < 0,05$ ), FW ( $p < 0,05$ ), Resp T ( $p < 0,05$ ). Остальные параметры существенно не изменялись. Можно полагать, что в процессе акклиматизации указанные значения частоты варибельности показателей кровообращения выявлялись в доминирующих по мощности колебаний диапазонах. Вклад гуморально-гормональных (P2) факторов при сравнении данных по приезде и после пребывания в горах изменялся следующим образом: повышались параметры HR, SV, EF, АТОЕ; снижались - BP, CO, FW, Resp

X, Resp T. Не изменялась величина АТНRX. Симпатико-парасимпатическая регуляция и процессы барорегуляции (P3) соответственно повышались: BP, CO, FW, АТОЕ, Resp T. Следовательно, все звенья регуляции были задействованы в процессе акклиматизации бегуний. Вклад в горах центральнонервных и периферических факторов подвергался снижению: BP, SV, CO, FW, АТНRX, АТОЕ, Resp X, Resp T. Можно полагать, что вклад корково-подкорковых факторов в регуляцию кровообращения свидетельствует о переходе организма спортсменов в фазу устойчивой адаптации. На этом фоне увеличились вклады в регуляцию гемодинамики следующих факторов: HR, EF. Из этого следует, что функция миокарда (сократимость) находилась в стадии напряжения. Наблюдалось снижение вклада в регуляцию кровообращения дыхательных волн пульсации периферических сосудов, аорты и магистральных сосудов.

Вклад факторов автономных процессов в регуляцию гемодинамики свидетельствует о снижении следующих звеньев: BP, HR, CO, EF, FW. На этом фоне повышение произошло в показателях: SV, АТНRX, Resp X, Resp T.

Таким образом, в процессе акклиматизации наблюдались как переходные фазовые состояния, так и пропорциональное распределение вкладов сосудистых и сердечных звеньев с включением метаболических и миогенных звеньев, симпатико-парасимпатической и барорефлекторной регуляции. Наблюдалось включение факторов вазомоторной автономии. Доминирование гуморально-гормональных факторов, усиление функционирования одних звеньев и адаптивно-компенсаторное напряжение других приводит системообразующие функции к гомеостазу.

Иерархия, реактивность, сопротивляемость и толерантность системного процесса акклиматизации многообразны в своих направлениях, переходных фазных процессах и их интеграциях [2]. Проведенный анализ медленноволновых колебаний по мощности, средней частоте спектра и вкладу системообразующих факторов в регуляцию кровообращения позволил определить направление изменений ведущих звеньев кровообращения под воз-

действием акклиматизации. Однако проблема регуляции функции миокарда, сосудов, роли дыхательных волн сосудов требует дальнейших исследований, так как отдельные фрагменты управления дискуссионны [3, 4].

Корреляционный анализ, проведенный в первом и втором исследовании на внутрисистемном уровне, выявил снижение количества связей в период акклиматизации вследствие улучшения специализированных звеньев кровообращения. Полученные данные согласуются с биоэнергетической концепцией Н.И. Шмальгаузена, отражающей взаимоотношения биосистемы с внешней средой [5].

В заключение необходимо отметить, что при воздействии на спортсменов физических нагрузок, меняющихся при разных воздействиях, появляются факторы риска, переходные состояния, включаются биоэнергетические процессы управления, лежащие в основе пропорциональности гуморально-гормональной, вегетативной центрально-нервной регуляции. Спектральный анализ позволяет дифференцировать процессы регуляции относительно звеньев системы кровообращения, что обеспечивает биологическую адаптацию спортсменов к меняющимся условиям или факторам риска.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Нефедов, В.Б. Рабочая инструкция по проведению и интерпретации результатов исследования функции легких на аппарате серии «Этон» / В.Б. Нефедов, Е.А. Шельгина, Л.А. Попова. – М. : ЦНИИ туберкулеза РАМН, 2001. – 53 с.
2. Исаев, А.П. Спорт и среднегорье. Моделирование адаптивных состояний спортсменов : монография / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2013. – 425 с.
3. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпеданс-

- ного мониторинга гемодинамики с помощью системы «Кентавр»: учебн. пособие для анестезиологов / А.А. Астахов. – Челябинск : «Микролюкс», 1996. – 161 с.
4. Исаев, А.П. Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе многолетней подготовки : монография / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
5. Шмальгаузен, Н.И. Пути и закономерности эволюционного процесса : монография / Н.И. Шмальгаузен. – М. : Наука, 1983. – 360 с.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Nefedov VB, Shelgina EA, Popova LA (2001) The working instruction on carrying out and interpretation of results of research of function of lungs on the Eton series device. TsNIN of tuberculosis of the Russian Academy of Medical Science, Moscow (in Russian).
2. Isaev AP, Ehrlich VV (2013) Sports and middle mountains. Modeling of adaptive conditions of athletes: monograph. SUSU, Chelyabinsk (in Russian).
3. Astakhov AA (1996) Physiological bases of bioimpedanc-

- ce monitoring of haemo dynamics by means of Centaur system: учебн. grant for anesthesiologists. Publishing house of «Mikrolyuks». Chelyabinsk (in Russian).
4. Isaev AP, Ehrlich VV (2010) Multifunctional mobility and variability of an organism of athletes of the Olympic reserve in system of long-term preparation: monograph. SUSU, Chelyabinsk (in Russian).
5. Shmalgauzen NI (1983) Ways of regularity of evolutionary process: monograph. Science, Moscow (in Russian).

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Исаев Александр Петрович – доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спорта Южно-Уральского государственного университета.

Аминов Альберт Сибгатуллин – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой спортивного совершенствования Южно-Уральского государственного университета.

Эрлих Вадим Викторович – кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта Южно-Уральского государственного университета.

Хусаинова Юлия Борисовна – соискатель кафедры теории и методики физической культуры и спорта Южно-Уральского государственного университета.

Маматов Эркин Эркинович – соискатель кафедры теории и методики физической культуры и спорта Южно-Уральского государственного университета.