

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРОВООБРАЩЕНИЯ У БЕГУНОВ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ В НИЖНЕМ И ВЕРХНЕМ СРЕДНЕГОРЬЕ

В.В. Эрлих, А.П. Исаев, В.Б. Ежов, В.А. Обносов, Ю.Б. Хусаинова, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Получены новые данные общей мощности спектра (ОМС) и середины спектра (Fm) медленноволновой активности гемодинамики в условиях покоя (лежа), стоя, при задержке дыхания через 3 и 19 дней акклиматизации соответственно в нижнем и затем верхнем среднегорье. Определяют ранговые значения вкладов спектра в регуляции различных факторов кровообращения. Полученные данные позволяют судить об изменениях физической работоспособности в зависимости от вклада звеньев регуляции. Изучены результаты барорегуляции и функции сердца и сосудов. Показана многогранность иерархических проявлений и перераспределений процессов системы кровообращения. В доступной литературе мы не встретили подобных исследований. В результате исследований в условиях «горного климата» и тренировочных воздействий на преимущественное развитие локальной выносливости обнаружено изменение функциональной мощности систем, ответственных за акклиматизацию. Несмотря на совокупные воздействия среды, в том числе стресс-реакций, формирование устойчивой фазы адаптации происходит порою на фоне ухудшения общего состояния, перераспределений в управлении этими процессами.

Ключевые слова: общая мощность спектра, середина, гуморально-гормональный, вегетативный, периферический, физическая работоспособность, медленноволновая активность, перераспределение, управление, горный климат, адаптация, регуляция, акклиматизация.

Модель исследования и ключевые направления тренировочного процесса. Работа выполнена на 15 легкоатлетах-бегунах на средние дистанции в возрасте 17–22 лет спортивной квалификации КМС ($n = 10$) и МС ($n = 5$) в период концентрированного развития локальной мышечной выносливости в сочетании с кроссовым бегом, стретчингом, плаванием, силовой нагрузкой на тренажерах, массажем, сауной. Соотношение средств, направленных на развитие локальной мышечной выносливости (ЛМВ) и циклических двигательных действий, ОФП и др. соответственно составило 50 % и 50 %. Перед поездкой в среднегорье спортсмены приучались к горной адаптации путем ежедневных задержек дыхания 5 раз с паузами между ними не менее 30 минут. Проведено 8 тренировок с ускорениями 60×10 раз без дыхания с паузой отдыха 190 с после каждого и $90 \text{ м} \times 10$ раз в системе переменного метода: 30 м спокойно, 30 м ускорение по самочувствию и 30 м спокойно без дыхания. После каждых 90 м работы – отдых 90 с. В период акклиматизации спортсмены принимали фармакологические препараты L-карнитин, инозин, милдронат.

В табл. 1, 2 представлены результаты исследования и их обсуждение, данные медленноволновой активности кровообращения в позах лежа в нижнем и верхнем среднегорье через 3 дня акклиматизации соответственно на высоте 800–900 и 1800–1900 м.

Сравнение значений ОМС (Power) среднего давления (BP) свидетельствует о том, что в верхнем среднегорье показатель достоверно снизился ($p < 0,05$). Аналогично изменился параметр ОМС частоты сердцебиений (HR, $p < 0,05$). Существенно снизились показатели ОМС минутного объема крови ($p < 0,01$), EF (сократимость миокарда, $p < 0,05$), FW (диастолическая волна наполнения миокарда, $p < 0,05$), АТНRX (амплитуда револвны аорты, $p < 0,05$), АТОЕ (амплитуда револвны мелких сосудов, $p < 0,05$). Остальные значения ОМС при подъеме на большую высоту снижались, но были не достоверны. Значения середины спектра повышались достоверно в показателях АТНRX ($p < 0,05$). Остальные показатели значимо не различались. Следовательно, условия верхнего среднегорья вызвали сдвиги функции гемодинамики и ее регуляции, внесли изменения в уровень адаптации.

Таблица 1

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения бегунов
в условиях нижнего среднегорья (юноши, Кисловодск, проба лежа – первое исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
BP	M	44,42	0,03	21,57	4,42	7,97	10,46	48,56	9,95	17,94	23,55
	m	3,64	0,01	6,12	1,30	2,27	2,95				
HR	M	21,90	0,09	10,46	2,69	4,59	4,16	47,76	12,29	20,96	18,99
	m	2,22	0,02	1,07	0,77	1,70	0,68				
SV	M	6,96	0,11	3,50	0,81	1,47	1,19	50,25	11,65	21,05	17,06
	m	1,32	0,02	0,55	0,18	0,41	0,18				
CO	M	0,14	0,12	0,01	0,11	0,01	0,01	10,10	76,91	7,07	5,92
	m	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00				
EF	M	2,47	0,11	0,96	0,40	0,71	0,40	39,07	16,11	28,74	16,09
	m	0,41	0,02	0,10	0,15	0,31	0,15				
FW	M	1,32	0,09	0,53	0,23	0,40	0,16	40,30	17,19	30,30	12,22
	m	0,29	0,03	0,08	0,08	0,20	0,03				
ATHRX	M	1,01	0,14	0,41	0,28	0,20	0,12	40,1	27,96	19,63	12,30
	m	0,26	0,03	0,13	0,12	0,08	0,03				
ATOE	M	757,31	0,03	376,85	66,91	137,78	175,76	49,76	8,84	18,19	23,21
	m	109,72	0,01	65,18	12,42	23,99	28,13				
RespX	M	3759,79	0,15	2417,94	23,59	408,98	909,28	64,31	0,63	10,88	24,18
	m	325,38	0,01	208,29	9,34	39,33	68,41				
RespT	M	75,70	0,05	39,91	5,57	13,96	16,25	52,73	7,36	18,45	21,46
	m	6,37	0,01	5,24	0,87	3,31	2,95				

Таблица 2

Спектральные характеристики медленноволновой активности гемодинамики бегунов
в условиях верхнего среднегорья (юноши, Киргизия, проба лежа – первое исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
BP	M	29,98	0,03	12,73	17,01	0,24	0,00	42,47	56,73	0,80	0,00
	m	3,43	0,00	3,62	4,79	0,03	0,00				
HR	M	15,58	0,11	2,38	4,84	4,75	3,60	15,31	31,06	30,50	23,14
	m	1,32	0,01	0,24	0,67	0,48	0,38				
SV	M	5,50	0,14	0,35	1,72	3,25	0,18	6,35	31,32	59,05	3,30
	m	0,83	0,01	0,04	0,23	0,57	0,03				
CO	M	0,02	0,17	0,009	0,01	0,01	0,01	4,00	28,00	40,00	28,00
	m	0,001	0,01	0,001	0,00	0,00	0,00				
EF	M	1,48	0,15	0,08	0,39	0,95	0,06	5,31	26,07	64,26	4,37
	m	0,13	0,01	0,01	0,03	0,10	0,01				
FW	M	0,78	0,10	0,05	0,19	0,44	0,09	6,74	24,38	56,89	11,69
	m	0,09	0,01	0,00	0,02	0,05	0,03				
ATHRX	M	0,53	0,18	0,05	0,17	0,29	0,02	8,71	32,37	55,01	3,92
	m	0,11	0,01	0,01	0,03	0,09	0,00				
ATOE	M	533,10	0,03	209,52	285,17	38,16	0,25	39,30	53,49	7,16	0,05
	m	90,87	0,00	34,39	45,24	11,25	0,09				
RespX	M	3923,45	0,17	19,28	102,06	1316,47	2485,65	0,49	2,60	33,55	63,35
	m	333,82	0,01	6,32	31,49	156,52	217,21				
RespT	M	58,42	0,04	17,61	24,17	12,80	3,83	30,15	41,38	21,91	6,56
	m	4,21	0,00	3,50	3,58	4,37	1,37				

Вклад в регуляцию звеньев медленноволновой активности кровообращения в нижнем среднегорье распределен следующим образом: центрально-нервная (корково-подкорковая), S-PS и барорегуляторы ВНС, PS регуляция и гуморально-гормональная. В верхнем среднегорье вклад факторов, влияющих на регуляцию гемодинамики представлен в следующем порядке: гуморально-гормональные, S-PS и барорегуляторы, PS влияния и центрально-нервные (корково-подкорковые) воздействия. Можно полагать, что пребывание в горах в условиях тренировочного процесса в течение более 30 дней вызывали фазу устойчивой адаптации и повышение физической работоспособности. Необходимо отметить, что в нижнем среднегорье корково-подкорковая регуляция осуществлялась с активным участием звеньев барорегуляции, функции миокарда и сосудов. При доминировании гуморально-гормональной регуляции в верхнем среднегорье проявлялись факторы барорегуляции, амплитуды револвны мелких сосудов, дыхательной составляющей (пульсации амплитуд пальца, ЧСС / HR), ударного объема (SV), амплитуды револвны аорты (ATHRX), фракции выброса (EF); венозный возврат (FW) существенно преобладал.

В позе стоя в сравнительных значениях (табл. 3, 4) ОМС ВР в Чолпон-Ате (Киргизия, 1800 м) был статически значимо ниже, чем в Кисловодске (1800 м) ($p < 0,01$), HR ($p < 0,05$), CO ($p < 0,05$), EF ($p < 0,05$), ATHRX ($p < 0,01$), АТОЕ ($p < 0,05$). Остальные значения ОМС не изменялись. Можно полагать, что в ОМС преобладали вегетативные факторы и барорегуляции, функций сердца и сосудов. В значениях середины спектра существенных различий не выявлялось.

Спектр регуляции в Кисловодске расположился в следующем порядке: корково-подкорковые факторы, на втором месте были S-PS и PS периферические влияния и замыкали спектр гуморально-гормональные факторы. В верхнем среднегорье факторы, внесшие вклад в регуляцию кровообращения, расположились так: S-PS и барорегуляторы, гуморально-гормональные, корково-подкорковые и PS воздействия. Из числа ведущих звеньев, которые проявлялись при доминирующей регуляции, было следующее расположение факторов: ATHRX, SV, EF, RespT, RespX, HR, FW. Следовательно, был следующий вклад факторов: амплитуда пульсации крупных сосудов, функция миокарда, дыхательная составляющая пульсации соответственно импеданса пальца к импедансу аорты. Можно полагать, что централизованный характер регуляции свидетельствовал о неготовности выполнять длительные физические нагрузки на выносливость. Следует отметить динамичность перераспределения вклада факторов в регуляцию кардиогемодинамики в условиях акклиматизации и тренировочных воздействий.

Сравнение значений ОМС лежа в 1-м и 2-м

исследовании в Кисловодске (см. табл. 3, 4) выявило достоверное снижение ВР ($p < 0,05$), АТОЕ ($p < 0,01$), увеличение HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,01$), CO ($p < 0,001$), RespT ($p < 0,01$). Остальные показатели существенно не изменялись. Среди сравниваемых значений середины спектра существенные различия были в следующих компонентах кровообращения: ВР ($p < 0,05$), SV ($p < 0,01$), ATHRX ($p < 0,05$), RespX ($p < 0,01$).

В управлении кровообращением в 1-м и 2-м исследовании в Кисловодске доминировал вклад корково-подкорковых факторов, затем в 1-м исследовании проявлялись S-PS и барорегуляторные воздействия, периферические и гуморально-гормональные звенья. Во 2-м исследовании на 2-е место вышли периферические звенья регуляции, затем следовали S-PS и барорегуляторные факторы, а замыкали гуморально-гормональные воздействия. Можно полагать, что спортсмены находились в переходном состоянии от поисковой к развивающей фаз адаптации.

По сравнению с позой лежа в первом обследовании достоверно повысились показатели: ОМС, HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,01$), CO ($p < 0,01$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,01$), ATHRX ($p < 0,05$), RespX ($p < 0,01$). Значения RespT существенно снизились ($p < 0,01$), АТОЕ ($p < 0,01$). Итак, в ранговом распределении управления кровообращением доминировали факторы функции сердца, амплитуды крупных сосудов и их дыхательная составляющая. Роль амплитуды и дыхательной составляющей мелких сосудов в регуляции снизилась.

В пробах стоя (см. табл. 3, 4) первых исследований в Кисловодске и Киргизии существенно снизилась ОМС следующих показателей в верхнем среднегорье: ВР ($p < 0,01$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,01$), CO ($p < 0,05$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,01$), ATHRX ($p < 0,01$), АТОЕ ($p < 0,01$). Значения середины спектра существенно не изменялись.

Наибольший вклад в регуляцию медленноволновой активности кровообращения вносили корково-подкорковые факторы, затем следовали PS регуляторы периферических звеньев гемодинамики.

Замыкали спектр регуляции S-PS и барорегуляторы и гуморально-гормональные факторы. На большей высоте регуляция сдвинулась векторно к преобладанию S-PS и барорегуляторов. Гуморально-гормональные факторы вышли на второе место, третье отводилось корково-подкорковым регуляторам и последнее – периферическим.

Следует отметить, что на разных высотах проявлялось доминирующее воздействие барорегуляторов, функций сердца и сосудов на регуляцию системного кровообращения. В верхнем среднегорье по сравнению с нижним (табл. 5, 6) произошли изменения в сторону снижения ОМС следующих показателей: ВР ($p < 0,05$), SV ($p < 0,05$), CO ($p < 0,001$), АТОЕ ($p < 0,05$), RespX ($p < 0,001$).

Таблица 3

Спектральные значения медленноволновой активности кровообращения у бегунов
в нижнем среднегорье (юноши, Кисловодск, проба стоя – первое исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
BP	M	40,86	0,03	19,12	8,02	5,04	8,68	46,80	19,63	12,33	21,24
	m	4,01	0,01	3,08	2,51	0,68	0,74				
HR	M	84,47	0,06	36,65	8,92	23,81	15,09	43,39	10,56	28,19	17,86
	m	14,79	0,01	3,64	2,53	12,33	3,28				
SV	M	37,51	0,08	17,94	5,55	7,87	6,16	47,81	14,79	20,97	16,43
	m	5,58	0,03	2,53	2,73	2,49	0,83				
CO	M	0,30	0,11	0,12	0,10	0,04	0,05	39,75	31,97	13,03	15,24
	m	0,55	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01				
EF	M	4,19	0,08	1,70	0,72	1,02	0,75	40,59	17,21	24,23	17,97
	m	0,95	0,01	0,15	0,28	0,33	0,20				
FW	M	2,75	0,05	1,44	0,31	0,43	0,57	52,39	11,44	15,52	20,65
	m	0,49	0,01	0,22	0,09	0,08	0,10				
ATHRX	M	6,87	0,12	1,36	1,37	2,37	1,76	19,79	19,98	34,53	25,71
	m	2,28	0,02	0,74	1,12	1,95	1,47				
ATOE	M	99,08	0,02	48,88	10,69	18,12	21,38	49,34	10,79	18,29	21,58
	m	10,68	0,00	8,00	3,19	2,90	2,59				
RespX	M	6059,70	0,14	3251,23	35,30	1240,41	1532,75	53,65	0,58	20,47	25,29
	m	922,17	0,02	285,38	6,09	335,01	295,69				
RespT	M	21,59	0,08	13,91	0,89	3,14	3,66	64,40	4,11	14,53	16,96
	m	3,77	0,02	2,37	0,18	0,59	0,63				

Таблица 4

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения бегунов
в верхнем среднегорье (юноши, Киргизия, проба стоя – первое исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
BP	M	22,77	0,05	7,74	14,11	0,90	0,01	34,00	61,99	3,95	0,06
	m	2,21	0,01	1,00	1,21	0,13	0,00				
HR	M	53,35	0,06	9,26	21,05	21,73	1,32	17,36	39,45	40,73	2,47
	m	4,32	0,00	1,29	2,84	2,31	0,11				
SV	M	25,76	0,09	1,96	8,77	13,62	1,41	7,60	34,06	52,86	5,48
	m	1,80	0,01	0,31	0,85	1,06	0,23				
CO	M	0,18	0,12	0,02	0,06	0,07	0,02	11,76	35,29	40,34	11,76
	m	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00				
EF	M	2,58	0,10	0,29	0,90	1,22	0,17	11,21	34,98	47,24	6,56
	m	0,20	0,01	0,03	0,10	0,11	0,03				
FW	M	2,15	0,07	0,30	0,73	0,70	0,42	13,79	34,01	32,51	19,69
	m	0,30	0,01	0,05	0,09	0,07	0,09				
ATHRX	M	1,03	0,15	0,07	0,22	0,68	0,05	6,75	21,91	66,62	4,73
	m	0,15	0,01	0,01	0,03	0,11	0,01				
ATOE	M	65,33	0,02	28,94	34,56	1,26	0,58	44,29	52,89	1,93	0,89
	m	8,76	0,00	4,62	4,14	0,16	0,21				
RespX	M	5275,84	0,15	26,46	133,27	2337,23	2778,87	0,50	2,53	44,30	52,67
	m	460,78	0,01	6,25	18,74	170,69	290,09				
RespT	M	22,11	0,10	0,97	3,12	10,93	7,10	4,38	14,09	49,42	32,11
	m	3,75	0,01	0,12	0,47	2,06	1,10				

Таблица 5

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения бегунов на средние дистанции в нижнем среднегорье (юноши, Кисловодск, проба лежа – второе исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	30,41	0,09	14,73	4,54	5,01	6,13	48,44	14,92	16,48	20,16
	m	2,74	0,05	3,82	0,69	1,47	1,76				
HR	M	48,06	0,07	29,24	2,65	5,72	10,45	60,84	5,51	11,91	21,74
	m	4,88	0,02	3,76	2,34	3,22	3,55				
SV	M	23,12	0,05	10,44	2,49	4,70	5,49	45,17	10,76	20,31	23,76
	m	3,04	0,01	1,71	1,04	2,69	1,60				
CO	M	1,58	0,08	0,13	0,34	0,68	0,44	8,17	21,26	42,85	27,72
	m	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01				
EF	M	2,04	0,07	1,25	0,16	0,38	0,26	61,21	7,60	18,65	12,54
	m	0,50	0,02	0,12	0,10	0,23	0,05				
FW	M	1,11	0,05	0,57	0,13	0,22	0,19	51,64	11,35	19,54	17,48
	m	0,34	0,02	0,10	0,08	0,11	0,05				
ATHRX	M	1,28	0,08	0,62	0,18	0,22	0,26	48,33	14,22	16,97	20,48
	m	0,31	0,02	0,09	0,10	0,08	0,05				
ATOE	M	223,35	0,03	109,68	20,44	37,40	55,83	49,11	9,15	16,75	25,00
	m	25,79	0,01	26,47	7,74	9,04	12,54				
RespX	M	4105,19	0,07	2968,80	19,36	529,29	587,74	72,32	0,47	12,89	14,32
	m	1543,64	0,02	230,45	7,37	602,99	702,83				
RespT	M	553,75	0,06	15,31	4,15	276,29	258,01	2,76	0,75	49,89	46,59
	m	10,52	0,02	2,31	1,49	3,01	3,71				

Таблица 6

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения бегунов на средние дистанции в верхнем среднегорье (юноши, Киргизия, проба лежа – второе исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	18,21	0,10	7,87	9,97	0,38	0,00	43,18	54,75	2,06	0,00
	m	2,30	0,01	2,33	2,86	0,11	0,00				
HR	M	46,31	0,10	3,32	11,44	16,37	15,19	7,16	24,70	35,34	32,80
	m	4,83	0,00	0,60	1,92	2,12	2,48				
SV	M	15,50	0,10	3,05	6,89	4,90	0,66	19,67	44,46	31,61	4,26
	m	2,24	0,01	0,85	1,30	0,59	0,14				
CO	M	0,10	0,14	0,00	0,01	0,04	0,04	3,08	13,85	40,77	40,77
	m	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01				
EF	M	2,00	0,11	0,09	0,38	1,44	0,09	4,47	18,81	71,98	4,70
	m	0,16	0,01	0,01	0,04	0,16	0,01				
FW	M	0,90	0,07	0,05	0,25	0,45	0,14	5,82	27,63	50,38	16,08
	m	0,11	0,01	0,00	0,03	0,05	0,03				
ATHRX	M	0,93	0,11	0,16	0,39	0,35	0,03	17,49	41,67	37,54	3,22
	m	0,11	0,01	0,04	0,06	0,05	0,01				
ATOE	M	157,33	0,03	57,51	90,69	8,90	0,23	36,55	57,64	5,66	0,15
	m	14,51	0,00	11,93	20,30	2,28	0,08				
RespX	M	4820,35	0,14	10,95	75,90	2323,28	2410,22	0,23	1,57	48,20	50,00
	m	373,12	0,01	1,85	7,06	204,07	179,89				
RespT	M	22,20	0,09	5,08	9,47	5,32	2,33	22,88	42,66	23,96	10,50
	m	2,92	0,01	1,19	1,57	1,11	0,71				

Вклад в регуляцию медленноволновой активности во 2-м обследовании в Кисловодске приобрел следующий порядок: корково-подкорковая регуляция, периферическая (PS), S-PS и барорегуляция и гуморально-гормональная, а затем следовали центральные и периферические звенья.

В горах Киргизии вклад гуморально-гормональных и S-PS с барорегуляцией был одинаков. Однако в 1-м случае доминировали вегетативные факторы и барорегуляторы, звенья сердца, сосудов и дыхательной составляющей пульсации импеданса пальца.

В нижнем среднегорье спектр показателей расположился: барорегуляторы, функции сердца, сосудов и дыхательной составляющей пульсации импеданса аорты. Периферическая регуляция заняла 2-е место в структуре интегративных управляющих звеньев с доминантным участием дыхательной составляющей пульсации импеданса пальца, функции сосудов и сердца.

При интерпретации результатов исследования мы руководствовались биоэнергетической концепцией адаптации И.И. Шмальгаузена, системно-синергетическим подходом П.К. Анохина, И. Пригожина, И. Стенгерса, парадигмой угасания биоэнергетики Г. Селье, модифицированной исследованиями Б.М. Федорова, Н.А. Агаджаняна [1, 3, 4, 6, 7].

Поскольку физиологические проявления различных систем и уровней регуляции в разных условиях времени, места нахождения динамичны (не одинаковы), то генерализованные реакции организма обладают хронорезистентностью, хронорезистивностью и, вероятно, хронотолерантностью.

В табл. 3–6 представлены значения спектров кровообращения в разных позах, на разных высотах акклиматизации. В повторных исследованиях через 19 дней акклиматизации в нижнем и верхнем среднегорье проведено сравнение изучаемых показателей ОМС, FW и процентного распределения медленноволновых частей, определяющих уровни управления системы кровообращения (табл. 7, 8).

Как видно из табличного материала, с увеличением высоты подъема в условиях трехнедельной акклиматизации, произошло снижение следующих показателей ОМС: BP ($p < 0,01$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,05$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,01$), АТОЕ ($p < 0,01$).

Следовательно, барорегуляторы, показатели функции сердца и амплитуды револвны мелких сосудов были подвержены большим сдвигам в условиях горной адаптации.

В середине спектра (FW) достоверных различий не отмечалось. В нижнем среднегорье регуляция кровообращения приняла централизованный (корково-подкорковый) характер, затем следовали периферические звенья управления, S-PS и барорегуляторные и замыкали спектр регуляции гуморально-гормональные звенья. Из этого следует, что 19 дней нахождения в горах не привели к акклима-

тизации спортсменов. Через два дня по возвращению в г. Челябинск бегуны улетели в Бишкек, поднялись в Чолпан-Ату, где уже через 36 дней горной адаптации было проведено второе обследование. Результаты обнаружили следующий порядок вкладов в управление системой кровообращения.

На первое место вышли гуморально-гормональные факторы, что свидетельствует о повышении физической работоспособности обследуемых. Причиной этого явилось повышение функции биорегуляторов (эритропоэз, лимфоцитоз, поглощение глюкозы), вследствие усиления устойчивости к гипоксии [2–4]. На второе место по вкладу в регуляцию гемодинамики вышли значения S-PS и барорегуляции, на третье – периферические звенья PS воздействий и замыкали систему управления корково-подкорковые регуляторы.

Следовательно, для акклиматизации в среднегорье требуется ступенчатость подъемов на верхний уровень среднегорья и горной адаптации не менее 36 дней (мезоцикл) с применением указанных ранее технологий подготовки (тренировка и восстановление).

В пробе стоя во вторых исследования (табл. 7, 8) соответственно в Кисловодске и Чолпан-Ате снизилась ОМС BP ($p < 0,05$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,05$), АТОЕ ($p < 0,05$). Остальные показатели не изменялись. Середина спектра оставалась почти на одном уровне. В Кисловодске в регуляции доминировала центральная регуляция, а в Киргизии гуморально-гормональные вклады.

На 2-е место соответственно вышли периферические и S-PS и барорегуляторные воздействия. Замыкали уровни регуляции факторы гуморально-гормонального и корково-подкорковых звеньев управления кровообращением.

Можно полагать, что акклиматизация приобрела стабильный физиологический вектор после пребывания более 30 суток в условиях горной адаптации и тренировочного процесса.

При задержке дыхания в первых исследованиях при акклиматизации спортсменов отмечались следующие изменения от данных нижнего среднегорья и верхнего (табл. 9, 10).

Как следует из данных, ОМС среднего динамического давления (BP) достоверно снижались в условиях Киргизии ($p < 0,01$). На этом фоне значения ОМС HR аналогично уменьшались ($p < 0,01$), SV ($p < 0,01$), CO ($p < 0,001$), АТНХ ($p < 0,01$), АТОЕ ($p < 0,05$), RespT ($p < 0,01$).

В значениях середины спектра достоверные различия выявлялись в показателе SV ($p < 0,01$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,01$). В остальных показателях различий не выявлялось. В нижнем среднегорье управление кровообращением приняло корково-подкорковую направленность, затем следовал вклад периферических факторов, S-PS и барорегуляторов ВНС, замыкали перечень составляющих уровни регуляции гуморально-гормонального направления.

Таблица 7

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения бегунов в условиях нижнего среднегорья (юноши, Кисловодск, проба стоя – второе исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	42,30	0,03	19,80	7,11	6,00	9,39	46,80	16,80	14,19	22,21
	m	4,08	0,01	3,11	2,04	0,84	1,09				
HR	M	94,22	0,04	42,20	13,01	20,14	18,86	44,79	13,81	21,38	20,02
	m	8,64	0,00	4,77	4,05	8,84	1,99				
SV	M	130,44	0,08	68,44	12,15	17,96	31,90	52,47	9,31	13,77	24,45
	m	12,47	0,02	17,91	3,82	5,19	8,55				
CO	M	0,71	0,08	0,35	0,12	0,09	0,15	49,34	16,18	12,82	21,66
	m	0,18	0,01	0,09	0,02	0,02	0,05				
EF	M	6,18	0,06	2,78	1,14	1,19	1,07	45,02	18,46	19,23	17,29
	m	1,44	0,01	0,49	0,55	0,27	0,13				
FW	M	4,08	0,07	1,96	0,52	0,73	0,88	47,96	12,64	17,94	21,46
	m	0,57	0,01	0,18	0,09	0,12	0,18				
ATHRX	M	6,21	0,10	3,20	0,88	1,14	0,99	51,60	14,20	18,33	15,87
	m	1,86	0,03	0,89	0,30	0,42	0,25				
ATOE	M	121,89	0,02	65,35	11,08	19,83	25,63	53,62	9,09	16,27	21,03
	m	10,47	0,01	11,73	1,87	3,41	3,47				
RespX	M	5987,09	0,14	3634,07	70,70	1007,58	1274,75	60,70	1,18	16,83	21,29
	m	804,06	0,02	262,71	23,26	211,07	307,01				
RespT	M	31,13	0,06	20,70	0,97	4,50	4,96	66,50	3,11	14,45	15,93
	m	4,29	0,00	2,78	0,14	0,77	0,60				

Таблица 8

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения бегунов в условиях верхнего среднегорья (юноши, Киргизия, проба стоя – второе исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	25,25	0,05	9,23	15,26	0,73	0,04	36,55	60,43	2,87	0,14
	m	3,00	0,01	1,18	1,77	0,06	0,01				
HR	M	61,47	0,05	7,72	29,81	21,61	2,33	12,56	48,50	35,16	3,79
	m	4,61	0,01	1,32	3,13	1,71	0,27				
SV	M	106,19	0,08	10,60	44,83	35,75	15,01	9,98	42,22	33,67	14,13
	m	17,09	0,01	2,78	11,67	8,58	4,06				
CO	M	0,55	0,10	0,05	0,20	0,19	0,11	8,39	36,92	35,10	19,44
	m	0,14	0,01	0,01	0,06	0,04	0,03				
EF	M	3,66	0,07	0,60	1,49	1,35	0,23	16,30	40,57	36,75	6,40
	m	0,23	0,01	0,09	0,11	0,07	0,04				
FW	M	2,83	0,08	0,37	0,87	1,03	0,56	12,93	30,96	36,48	19,68
	m	0,20	0,01	0,03	0,05	0,06	0,09				
ATHRX	M	4,93	0,13	0,24	1,54	3,04	0,11	4,89	31,19	61,69	2,26
	m	1,28	0,01	0,03	0,38	0,86	0,02				
ATOE	M	94,21	0,02	23,61	38,58	23,55	8,47	25,06	40,95	25,00	8,99
	m	6,90	0,01	2,51	4,53	8,26	3,05				
RespX	M	5898,05	0,17	5,97	59,79	2605,58	3226,71	0,10	1,01	44,18	54,71
	m	421,25	0,01	2,14	13,67	239,11	361,30				
RespT	M	33,05	0,08	1,20	3,20	15,55	13,10	3,62	9,69	47,05	39,65
	m	4,40	0,01	0,09	0,23	2,37	1,87				

Таблица 9

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения бегунов в условиях задержки дыхания при акклиматизации в нижнем среднегорье (Кисловодск, проба – задержка дыхания, первое исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	4,27	0,13	2,00	1,02	0,40	0,86	46,76	23,87	9,31	20,05
	m	0,59	0,03	0,70	0,53	0,12	0,24				
HR	M	50,87	0,06	19,96	7,71	12,63	10,57	39,23	15,16	24,82	20,79
	m	4,08	0,01	2,21	2,11	5,75	2,01				
SV	M	9,92	0,09	5,05	1,16	1,84	1,87	50,90	11,73	18,52	18,85
	m	0,90	0,01	0,75	0,47	0,40	0,28				
CO	M	0,13	0,12	0,02	0,10	0,01	0,01	15,61	72,98	5,08	6,33
	m	0,01	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00				
EF	M	1,95	0,02	0,92	0,28	0,41	0,34	47,34	14,16	20,93	17,57
	m	0,50	0,01	0,19	0,08	0,15	0,08				
FW	M	1,98	0,07	0,94	0,27	0,34	0,43	47,67	13,72	16,93	21,68
	m	0,34	0,01	0,13	0,06	0,08	0,08				
ATHRX	M	0,09	0,18	0,09	0,12	0,04	0,03	32,93	42,48	13,09	11,50
	m	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01				
ATOE	M	146,52	0,02	71,79	13,94	26,77	34,02	49,00	9,52	18,27	23,21
	m	20,50	0,01	10,13	2,34	3,79	4,24				
RespX	M	1901,27	0,16	1115,22	21,91	368,72	395,42	58,66	1,15	19,39	20,80
	m	521,07	0,03	162,52	13,28	209,97	135,29				
RespT	M	11,31	0,06	4,90	0,94	2,85	2,63	43,27	8,31	25,20	23,23
	m	1,79	0,03	0,75	0,18	1,18	0,68				

Таблица 10

Спектральные характеристики кровообращения при задержке дыхания в верхнем среднегорье (юноши, Киргизия, проба – задержка дыхания, первое исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	2,36	0,11	0,11	1,21	1,02	0,02	4,60	51,21	43,35	0,81
	m	0,36	0,01	0,02	0,22	0,12	0,01				
HR	M	30,41	0,07	1,69	15,00	11,93	1,79	5,54	49,33	39,23	5,90
	m	2,30	0,00	0,42	1,80	1,03	0,31				
SV	M	7,43	0,13	0,21	2,60	4,26	0,35	2,89	35,02	57,37	4,71
	m	0,56	0,01	0,04	0,25	0,36	0,07				
CO	M	0,03	0,15	0,00	0,01	0,02	0,00	2,63	18,42	63,16	13,16
	m	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				
EF	M	1,44	0,11	0,08	0,47	0,82	0,07	5,71	32,43	57,12	4,59
	m	0,27	0,01	0,02	0,08	0,15	0,01				
FW	M	1,39	0,11	0,29	0,60	0,38	0,11	20,92	43,12	27,69	8,21
	m	0,16	0,01	0,05	0,09	0,06	0,02				
ATHRX	M	0,15	0,18	0,01	0,05	0,09	0,01	5,50	31,00	60,00	3,50
	m	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00				
ATOE	M	99,25	0,02	43,00	55,31	0,93	0,00	43,33	55,73	0,94	0,00
	m	13,05	0,01	6,04	6,90	0,13	0,00				
RespX	M	1808,32	0,17	6,79	36,93	678,27	1086,32	0,38	2,04	37,51	60,07
	m	261,47	0,01	1,31	4,56	120,47	138,21				
RespT	M	6,81	0,05	2,95	3,66	0,19	0,01	43,37	53,81	2,72	0,10
	m	1,01	0,01	0,45	0,55	0,01	0,00				

Эти данные свидетельствуют, что спортсмены находились в поисковой фазе горной адаптации. В верхнем среднегорье регуляция приобрела равное влияние вегетативной (S-PS, барорегуляторов) и гуморально-гормональных факторов, затем следовали корково-подкорковые и периферические воздействия.

Итак, можно полагать, что адаптация приобрела положительный вектор. Это характерно для стабилизирующей фазы акклиматизации, сопровождаемой ростом физической работоспособности [8].

В первых задержках дыхания на разных высотах (см. табл. 9, 10) наблюдалось снижение ОМС с увеличением высоты в следующих значениях: BP ($p < 0,01$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,05$), CO ($p < 0,001$), FW ($p < 0,05$), АТНRX ($p < 0,01$), АТОЕ ($p < 0,05$).

Показатели середины спектра существенно изменились в величинах SV ($p < 0,01$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,05$).

В регуляции медленноволновой активности гемодинамики показатели распределились: корково-подкорковые, гуморально-гормональные.

На одном уровне был вклад периферических, S-PS и барорегуляторов. В регуляции гемодинамики задействованы звенья барорегуляции, функции сердца и сосудов.

В Киргизии в регуляции кровообращения роль вкладов гуморально-гормонального и S-PS и барорегуляций выровнялась. Затем следовал вклад центральных и периферических факторов. Следовательно, в период акклиматизации наблюдалось динамическое распределение факторов в архитектуру управления кровообращением спортсменов. Итак, нами рассмотрены каскады перестройки регуляции гемодинамики, детерминированные временными и высотными факторами акклиматизации и целенаправленными тренировочными воздействиями.

Сравнение результатов ОМС при повторной задержке дыхания на различных высотах выявило достоверное снижение следующих показателей (табл. 11, 12). Соответственно снизились в верхнем среднегорье: BP ($p < 0,01$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,01$), CO ($p < 0,01$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,01$), АТНRX ($p < 0,05$), АТОЕ ($p < 0,01$), RespT ($p < 0,001$). Середина значений спектра различия наблюдалась: АТОЕ ($p < 0,01$), RespX ($p < 0,01$). В управлении системой кровообращения вклады звеньев расположились в нижнем среднегорье в следующем порядке: корково-подкорковые, S-PS и барорегуляторы, гуморально-гормональные воздействия, периферические звенья (PS). В верхнем среднегорье при второй задержке дыхания медленноволновая активность регуляции кровообращения приобрела следующий вид: S-PS и барорегуляция, гуморально-гормональные, периферическая и корково-подкорковая.

Таким образом, в процессе акклиматизации идет переключение регуляторных процессов, до-

минантно детерминированных биологически активными веществами плазмы крови, гормонами (хронотропный и инотропный эффект) и биорегуляторами (β -адренорецепторы кардиомиоцитов, АМФ), повышающими уровень энергетического обмена. Инотропный эффект катехоламинов усиливается повышением проницаемости мембран кардиомиоцитов к ионам кальция. Медиатором симпатических воздействий являются указанные адренорецепторы поверхностной мембраны клеток, что способствует их проницаемости для ионов Na^+ и Ca^{+} к снижению для ионов калия. Влияние блуждающего нерва с медиатором ацетилхолином может сказываться на величине сократимости миокарда [7].

Медиаторы ВНС способны изменять силу сердечных сокращений (инотропный эффект), что важно в условиях горного климата. Они также изменяют величину порога возбуждения кардиомиоцитов (батмотропный эффект). Наблюдаемое нами действие нервной системы на сократительную активность миокарда и насосную функцию сердца представляют собой вторичные модулированные влияния по отношению к миогенным. Аналогичность управления ФС зависит от исходного соотношения в начале акклиматизации, влияния горного климата, тренировочных нагрузок и средств восстановления. Однако интегративная деятельность кровообращения спортсменов в условиях среднегорья детерминирована совокупными воздействиями гуморально-гормональных звеньев, гетерометрической и гомеометрической ауторегуляцией функции сердца, сосудов, барорегуляцией.

Включение периферических сердец и гемодинамических факторов влияет на респираторную и нейромоторную функции. Параметры системной гемодинамики находятся в сложных взаимоотношениях, перераспределительных отношениях в зависимости от вкладов средовых влияний [4].

Применяемые функциональные пробы в условиях среднегорья вовлекают резервы сосудистого русла, периферические сердца, барорегуляторы, гуморально-гормональные факторы, вызывающие сдвиги сосудистого сопротивления и гиперволемию [4–8].

В соответствии с концепцией П.К. Анохина [1] применительно к спортивной деятельности, в условиях горного климата, функциональная система (ФС) представляет собой интеграцию и перераспределение психофизиологического, биоэнергетического и нейромоторного звеньев двигательной деятельности, направленной на достижение целевого полезного результата.

При этом следует полагать, что психофизиологические компоненты (внимание, двигательная память, мотивация, эмоции, нейродинамика) и нейромоторные звенья представляют собой звенья управления, а биоэнергетические обеспечивают двигательную деятельность. Дискуссионным является вопрос о регуляции, характере взаимодействия между компонентами физической готовности,

Таблица 11

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения
через 17 дней акклиматизации в нижнем среднегорье
(юноши, Кисловодск, проба – задержка дыхания, второе исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	8,41	0,05	2,45	2,09	2,81	1,06	29,18	24,90	33,35	12,58
	m	0,87	0,01	0,38	0,26	0,09	0,13				
HR	M	81,12	0,05	32,35	27,12	8,53	13,12	39,88	33,44	10,52	16,17
	m	12,26	0,01	7,78	19,87	2,96	1,65				
SV	M	16,05	0,05	6,77	4,43	1,87	2,98	42,20	27,58	11,66	18,56
	m	2,20	0,01	0,81	2,97	1,07	0,36				
CO	M	0,14	0,07	0,02	0,06	0,04	0,01	18,08	44,41	29,69	7,82
	m	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				
EF	M	3,19	0,05	1,38	0,71	0,73	0,37	43,13	22,25	22,90	11,72
	m	0,55	0,01	0,15	0,41	0,24	0,05				
FW	M	3,37	0,04	1,21	0,60	1,02	0,54	35,87	17,77	30,38	15,99
	m	0,32	0,01	0,10	0,07	0,10	0,05				
ATHRX	M	0,91	0,17	0,31	0,13	0,08	0,07	52,06	22,32	14,14	11,48
	m	0,20	0,02	0,08	0,27	0,51	0,05				
ATOE	M	130,18	0,10	63,97	11,96	22,42	31,82	49,14	9,19	17,22	24,44
	m	14,21	0,01	11,59	2,70	4,60	5,32				
RespX	M	2448,53	0,10	1737,32	13,29	275,86	422,06	70,95	0,54	11,27	17,24
	m	386,03	0,01	206,96	12,95	81,88	84,23				
RespT	M	175,60	0,10	14,30	14,17	94,32	52,81	8,14	8,07	53,72	30,07
	m	7,31	0,01	3,46	0,42	1,50	1,93				

Таблица 12

Спектральные характеристики медленноволновой активности кровообращения
через 31 день горной адаптации в верхнем среднегорье
(юноши, Киргизия, проба – задержка дыхания, второе исследование)

PAR		Power	Fm	P1	P2	P3	P4	%P1	%P2	%P3	%P4
BP	M	3,82	0,07	0,11	1,33	1,68	0,70	3,00	34,76	43,92	18,34
	m	0,54	0,01	0,01	0,11	0,23	0,24				
HR	M	45,37	0,06	2,86	18,69	16,65	7,18	6,29	41,19	36,69	15,83
	m	7,00	0,00	0,34	1,70	3,12	2,35				
SV	M	10,17	0,05	0,55	4,52	4,58	0,52	5,43	44,39	45,06	5,12
	m	0,71	0,00	0,07	0,43	0,45	0,10				
CO	M	0,04	0,08	0,00	0,01	0,02	0,01	1,92	26,92	42,31	26,92
	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
EF	M	2,08	0,07	0,06	0,52	1,43	0,07	2,89	24,93	69,00	3,22
	m	0,16	0,00	0,01	0,04	0,14	0,01				
FW	M	1,73	0,04	0,44	0,76	0,40	0,13	25,37	43,95	22,97	7,63
	m	0,10	0,00	0,04	0,05	0,05	0,02				
ATHRX	M	0,50	0,17	0,01	0,09	0,34	0,06	1,86	17,65	69,04	11,61
	m	0,11	0,01	0,00	0,02	0,09	0,01				
ATOE	M	90,95	0,02	34,88	51,74	4,33	0,00	38,35	56,89	4,76	0,01
	m	15,64	0,00	6,93	8,65	1,45	0,00				
RespX	M	2822,55	0,16	3,16	52,52	1136,38	1630,49	0,11	1,86	40,26	57,77
	m	333,21	0,00	0,96	13,36	156,41	176,09				
RespT	M	19,29	0,08	1,58	2,44	4,18	11,09	8,18	12,65	21,68	57,50
	m	5,44	0,01	0,39	0,51	1,46	3,98				

Интегративная физиология

функциональных, метаболических возможностей и управления. Как показано в настоящих исследованиях, устойчивая адаптация характеризуется доминирующим управленческим действием гуморально-гормональных, вегетативных (симпатико-парасимпатических и барорегуляторных) звеньев ФС. Системообразующие факторы новой ФС проявляются через 30–36 дней акклиматизации в среднегорье.

Литература

1. Анохин, П.К. *Очерки по физиологии функциональных систем* / П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1975. – 447 с.
2. Бородюк, Н.Р. *Адаптация и ее биоэнергетические принципы* / Н.Р. Бородюк. – М.: Медицина, 2009. – 164 с.
3. Исаев, А.П. *Механизмы долговременной адаптации и дисрегуляции функций спортсменов к нагрузкам олимпийского цикла подготовки: дис. ... д-ра биол. наук* / А.П. Исаев. – Челябинск, 1993. – 537 с.
4. Исаев, А.П. *Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе многолетней подготовки* / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
5. Мищенко, В.С. *Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте* / В.С. Мищенко, Е.Н. Лысенко, В.Е. Виноградов. – Киев: Науковий світ, 2007. – 351 с.
6. Мулик, А.Б. *Уровень общей неспецифической реактивности организма человека* / А.Б. Мулик, М.В. Постнова, Ю.А. Мулик. – Волгоград: Волгоградское научное изд-во, 2009. – 224 с.
7. Хитров, Н.К. *Адаптация сердца к гипоксии* / Н.К. Хитров, В.С. Пауков. – М.: Медицина, 1991. – 240 с.
8. Шевченко, Ю.Л. *Гипоксия. Адаптация. Патогенез. Клиника* / Ю.Л. Шевченко, В.С. Новикова, В.Ю. Шанин. – СПб.: ООО «Элби СПб», 2000. – 384 с.

Поступила в редакцию 20 июля 2012 г.