

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕМОДИНАМИКИ БЕГУНИЙ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ФАЗ АДАПТАЦИИ И ИХ СИСТЕМНО-СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ АККЛИМАТИЗАЦИИ

В.В. Эрлих

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Проблема акклиматизации непосредственно связана с индивидуальной стресс-устойчивостью, фазными процессами адаптации, уровнем общей неспецифической реактивности, биоэнергетическими аспектами саморегуляции. Процесс акклиматизации (адаптации к горным условиям) требует ее системного анализа. Приведены данные оценки кровообращения, полученные на модели бегунов в динамике адаптивных процессов в условиях переезда Челябинск – Кисловодск.

Ключевые слова: спектральный анализ, акклиматизация, регуляция, фазовый процесс адаптации, кровообращение, биоэнергетика, системно-энергетический анализ.

В исследовании, проведенном в октябре–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 мин. Кроме этого были проведены 8 тренировок в условиях пробега 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 двупиковом годовом цикле 50 % баллистических двигательных действий, сочетаемых в течение 3-х 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-х 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 ($p < 0,01$), АТНХ ($p < 0,05$), а также функции сердца: FW ($p < 0,05$), EF ($p < 0,01$), CO ($p < 0,001$), SV ($p < 0,01$). Следовательно, в процессе акклиматизации в нижнем среднегорье наибольшие сдвиги произошли в значениях функции миокарда (CO, SV, EF), больших и малых сосудах, дыхательных волн сосудов, диастолической волне наполнения сердца (FW). Однако значения мощности спектра среднего динамического артериального давления (BP), частоты сердцебиений (HR) не подверглись существенным сдвигам, но имели тенденцию к повышению. 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 ($p < 0,05$), АТНХ ($p < 0,05$), FW ($p < 0,05$), EF ($p < 0,05$), CO ($p < 0,05$), 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 (АТНХ) сосудах.

Что касается вклада различных факторов в регуляцию гемодинамики в условиях акклиматизации, то относительно изучаемых показателей BP, HR, CO, EF, АТНХ, Resp T произошло снижение гуморально-гормональных влияний и повышение в значениях амплитуды револуны аорты (АТНХ). В остальных параметрах сдвигов не произошло. На этом фоне симпатико-парасимпатические влияния ВНС и барорефлекторные воздействия

повысились в следующих величинах: BP, CO, 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 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. Можно полагать, что устойчивая фаза адаптации наступает позднее.

Процесс акклиматизации вызывал глубокие сдвиги в центральной регуляции кровообращения. Так, вклад в регуляцию показателей BP, SV, Resp T повысился, 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, АТНХ, Resp T), а остальных значений снижались или не изменялись (BP). Явно усматривается задействованность разных механизмов в регуляцию 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 сравниваемых данных 1–2-го исследования: SV ($p < 0,05$), FW ($p < 0,05$), АТНХ ($p < 0,05$). Остальные значения достоверно не изменялись. Следовательно, сдвиги произошли в функции сердца и крупных сосудов (ударный объем, диастолическая волна сердца, амплитуда реоволн 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, SV, CO, EF, АТНХ, 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 реоволн дыхательных сосудов. Вклад симпатико-парасимпатических факторов, в том числе механизмов барорегуляции, выявил увеличение следующих параметров: АТНХ, 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 снижались. Можно говорить о том, что вклад в регуляцию функции сердца увеличился, а сосудов, в том числе дыхательных волн сосудов уменьшился.

В таблице представлены приоритетные сдвиги общей мощности и средней частоты спектра дифференцирования вкладов медленноволновой активности в регуляцию дыхания в 1-м и 2-м обследовании в среднегорье.

Как видно из таблицы, мощность спектра BP в условиях акклиматизации существенно повышалась ($p < 0,01$), УО ($p < 0,05$), МОК ($p < 0,001$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,01$), АТНХ ($p < 0,01$), Resp T ($p < 0,001$), а показатели амплитуды реоволн 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 вариабельности показателей кровообращения выявлялись в доминирующих по мощности колебаний диапазонах.

Вклад гуморально-гормональных (P_2) факторов при сравнении данных по приезду [1] и после пребывания в горах [2] изменялся следующим образом: повышались параметры HR, SV, EF, АТОЕ; снижались BP, CO, FW, Resp X, Resp T. Не изменялась величина АТНХ. Симпатико-парасимпатическая регуляция и процессы барорегуляции (P_3) соответственно повышались: BP, CO, FW, АТОЕ, Resp T. Следовательно, все звенья управления были задействованы в процессе акклиматизации бегуний. Вклад в горах центрально-нервных и периферических факторов подвергался снижению: BP, SV, CO, FW, АТНХ, АТОЕ, Resp X, Resp T. Можно полагать, что снижение вклада 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 регуляции гемодинамики свидетельствует о снижении следующих звеньев: BP, HR, CO, EF, FW. На этом фоне повышение произошло в показателях SV, АТНХ, Resp X, Resp T.

Сравнительные значения вкладов
в регуляцию кровообращения бегуний при акклиматизации в среднегорье ($M \pm m$)

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				

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 S-PS и барорегуляции, 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.

Проведенный анализ медленноволновых колебаний по мощности, средней частоты спектра и вкладе системообразующих факторов в регуляцию кровообращения позволил определить направления изменений ведущих звеньев кровообращения под воздействием акклиматизации. Однако проблема регуляции функции миокарда, сосудов, роли дыхательных волн сосудов требует дальнейших

исследований, так как отдельные фрагменты управления дискусионны [1].

Корреляционный анализ, проведенный в первом и втором исследовании на внутрисистемном уровне, выявил снижение их количества связей в период акклиматизации, вследствие улучшения специализированных звеньев кровообращения. Полученные данные согласуются с биоэнергетической концепцией И.И. Шмальгаузена [2], отражающей взаимоотношения биосистемы с внешней средой.

В заключение необходимо отметить, что при влиянии на спортсменов физических нагрузок, меняющихся при разных воздействиях, появляются факторы риска, переходные состояния, включаются биоэнергетические процессы управления, лежащие в основе пропорциональности гумо-

рально-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.

Литература

1. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики с помощью системы «Кентавр»: учеб. пособие для анестезиологов / А.А. Астахов. – Челябинск: Микролюкс, 1996. – 161 с.

2. Шмальгаузен, И.И. Пути закономерности эволюционного процесса: моногр. / И.И. Шмальгаузен. – М.: Наука, 1983. – 360 с.

Поступила в редакцию 10 октября 2011 г.