

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕДЛЕННОВОЛНОВОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПЛОВЦОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ПОДВОДНЫМ ПЛАВАНИЕМ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОРТОСТАЗА

Г.А. Аракелян
ЮУрГУ, г. Челябинск

Колебательная активность показателей системы кровообращения спортсменов требует дальнейшего изучения в зависимости от гендерных особенностей, условий проведения занятий, специфики планирования и программирования больших тренировочных нагрузок современного спорта подростков. В статье представлены новые результаты и интерпретации системнообразующих звеньев организма пловцов подводного плавания 12–14 лет, спортивной квалификации I, II разрядов.

Ключевые слова: медленноволновая регуляция системы кровообращения, двигательные действия.

Обследованию подвергались девушки 13–14 лет, занимающиеся подводным плаванием. Применялась модифицированная диагностирующая система «Кентавр», позволяющая регистрировать в компьютерном варианте более 20 значений и спектральный анализ [11, 3, 7, 8, 10].

Медленноволновая регуляция системы кровообращения с позиций современных интерпретации включает YVLF-, VLF-, LF-, HF-волны (Североамериканская кардиологическая ассоциация) и диапазоны частот следующих волн: самые низкочастотные (СНЧ), очень низкочастотные (ОНЧ), низкочастотные (НЧ), высококачественные (ВЧ) [9, 5, 2, 11, 3, 8] системы кровообращения.

Исследования А.М. Вейна [4], Н.С. Хаспекоевой [12], А.А. Астахова [9] позволили дифференцировать следующие уровни регуляции кардиогемодинамики: центрально-нервный (нейрогенный), гуморально-гормональный; барорефлекторный (сегментарный), объемрегулирующий (автономный, внутрисердечный, миогенный) с наличием дыхательных волн. Система регуляции кровообращения столь многоуровневая и многогранная, что требует постоянного уточнения данных (хеморецепторов, тироксинов, катехоламинов и других воздействий). В настоящих исследованиях спектральный анализ проводился в позе лежа и стоя согласно инструкции. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Исследование проводилось на заключительном этапе подготовки к соревнованиям. Программа подготовки включала 80 % специальных двигательных действий аэробно-анаэробной направленности и 20 % специальной подготовки упражнений на суше.

Общая мощность спектра (ОМС) реоволн показателей кардиогемодинамики была исключи-

тельно вариабельна в позе лежа. В порядке ранжирования значения ОМС последовательно расположились: RespX, АТОЕ, АТНХ, RespT, SV, HR, BP, EF, Fw, CO. Можно полагать, что амплитуды реоволн крупных и мелких сосудов доминировали в позе лежа, затем следовали значения ОМС центрального регуляторного происхождения. На этом фоне наблюдались низкие значения ОМС фракции выброса, МОК, диастолической волны наполнения сердца. Коэффициенты вариации ОМС реоволны центрального и периферического происхождения были стабильны (EF, Fw, АТНХ, RespX) и стабильно вариативны (BP, HR, SV, CO, АТОЕ, RespT). К стабильным коэффициентам отнесено до 10 %, а стабильно-вариативным до 20 % вариабельности [6].

Середина спектра варьировала от 0,02 до 0,17. Наибольшие значения имели RespX, АТНХ, CO, Fw, SV, HR, EF. Низкие значения были в показателях BP, АТОЕ. Можно полагать, что середина спектра реоволн находилась в диапазоне низкочастотной составляющей.

Процентная дифференциация регуляторных воздействий на ЧСС в порядке рангового распределения находилась в диапазоне P₃, P₂, P₁, т.е. низкочастотных, очень низкочастотных и СНЧ значений. Из этого можно судить о доминировании реоволн регуляции сегментарного уровня и в меньшей надсегментарного уровня после нагрузки соревновательного характера. Баланс активной вегетативной регуляции сместился векторно к симпатическому отделу ВНС с присутствием центрально-нервной регуляции [5, 1, 8]. Известно, что в покое регуляция ЧСС осуществляется нервными, гормональными и внутрисердечными факторами. Общая мощность спектра ударного объема была больше, чем ЧСС. Однако процентное распределение зна-

Спектральные характеристики кровообращения девушек, занимающихся подводным плаванием, в позе лежа

Статистика		BP	HR	SV	CO	EF	Fw	ATHRX	АТОЕ	RespX	RespT
Power	M	50,09	56,12	62,48	0,70	9,14	0,90	625,50	940,92	26220,5	103,30
	m	6,82	9,16	7,91	0,10	0,65	0,10	54,76	162,46	1301,30	14,62
	V	13,62	16,32	12,66	13,96	7,11	10,94	8,75 c	17,27	4,96	14,15
Fm	M	0,02	0,06	0,07	0,10	0,06	0,08	0,10	0,03	0,17	0,09
	m	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
	V	2,27	8,04	4,05	4,81	4,46	6,41	7,29	7,14	3,53	15,43
P ₁	M	19,20	8,01	3,63	0,03	1,11	0,07	26,91	422,96	550,69	32,24
	m	2,83	1,55	0,67	0,01	0,15	0,01	2,09	72,90	102,59	6,45
	V	14,74	19,39	18,44	16,67	13,69	7,64	7,78	17,24	18,63	20,01
P ₂	M	30,47	22,44	16,38	0,16	3,51	0,14	135,10	500,35	1658,23	40,84
	m	4,00	3,74	2,00	0,02	0,32	0,01	12,22	88,80	175,85	8,21
	V	13,12	16,65	12,24	13,46	9,05	3,93	9,04	17,75	10,60	20,11
P ₃	M	0,42	25,29	37,26	0,41	3,48	0,39	275,24	14,52	8335,75	1,70
	m	0,07	4,03	5,64	0,07	0,30	0,05	30,77	2,58	792,69	0,13
	V	15,83	15,95	15,13	16,54	8,47	11,73	11,18	17,78	9,51	7,84
P ₄	M	0,00	0,38	5,22	0,11	1,02	0,30	188,24	3,09	15675,9	28,52
	m	0,00	0,09	0,45	0,01	0,16	0,05	28,71	0,77	839,51	7,06
	V	0,00	23,54	8,61	9,72	15,66	15,83	15,25	25,00	5,36	24,77
% P ₁		27,43	15,14	6,57	3,86	13,43	21,29	7,86	35,43	0,00	8,86
% P ₂		53,43	35,43	20,14	10,00	32,29	32,57	18,29	47,00	1,43	24,57
% P ₃		19,29	43,57	31,29	28,57	32,29	24,43	35,71	16,43	23,86	23,86
% P ₄		0,00	5,43	13,29	29,14	21,86	15,43	23,86	1,43	60,86	42,57

чений в порядке рангового расположения выглядела следующим образом: P₃, P₄, P₂, P₁. Следовательно, преобладали НЧ, ОНЧ, ВЧ и в меньшей степени СНЧ. Значит регуляция УО детерминирована в большей мере гуморально-гормональными, объемрегулирующими воздействиями с наличием дыхательных волн. Центральнo-нервной регуляции отведено меньшее значение (2–5 раз). Включение механизмов гетерометрической и гомеометрической регуляции силы сокращения миокарда, барорефлекторных влияний обеспечивают интегративную деятельность миокарда. Середина спектра была оптимальной величины

Регуляция МОК распределила в процентном отношении P₄, P₃, P₂, P₁. Усматривается доминирование объемрегулирующих влияний гуморально-гормональных и барорефлекторных, в несколько меньшей степени. Низка роль центрально-нервных воздействий. Следовательно, в позе лежа регуляция МОК осуществлялась внутрисосудистыми механизмами саморегуляции, а меньшие симпатико-парасимпатические воздействия ВНС. Середина спектра была относительно высокой.

Общая мощность спектра фракции выброса (EF) была на порядок выше СО (МОК), а середина спектра была в средних значениях. Доминировал одинаковый уровень воздействий P₂, P₃, а затем

следовал P₄, и P₁. Следовательно, регуляторные воздействия включали приоритетно барорефлекторные и гуморально-гормональные воздействия, затем следовали объемрегулирующие и центрально-нервные. Полученные данные свидетельствуют об уменьшении значимости механизмов регуляции функции сердца [11].

Регуляторный механизм ДВНС имел низкую ОМС и оптимальное значение середины спектра при доминировании барорефлекторных, затем включался фактор центрально-нервных и объемрегулирующих воздействий.

Амплитуда револвны (ATHR) имела высокие значения Power и Fw с доминированием в порядке распределения регуляторных воздействий гуморально-гормонального уровня, затем следовали объемрегулирующие влияния, барорефлекторные и в меньшей степени центрально-нервные воздействия.

Амплитуда револвн АТОЕ имела более высокую ОМС и низкие значения Fw. В регуляции доминировали барорефлекторные и центрально-нервные механизмы, затем следовали гуморально-гормональные и незначительное влияние имели парасимпатические воздействия ВНС. Значения RespX имели самую большую ОМС и середину спектра, а регуляция сместилась в область объем-

регулирующих влияний с дыхательными волнами, затем следовали гуморально-гормональные и барорефлекторные влияния. Значения RespT имели достоверно более низкие показатели ОМС и относительно находились соответственно в спектрах P₄, P₃, P₂, и незначительно P₁.

Таким образом, система кардиогемодинамики девушек четко дифференцировалась в диапазонах барорефлекторных и гуморально-гормональных компонентов сердечно-сосудистой системы и амплитуд

на гравитационные воздействия. Так, исключительно высокие значения отмечались в дыхательной составляющей пульсации импеданса, а более низкие – с пальца ноги.

Смена положения из горизонтального положения в вертикальное вызвало возмущающие сдвиги в системе кровообращения. Под воздействием гравитационной нагрузки произошли изменения спектральных характеристик сердечно-сосудистой системы (табл. 2).

Таблица 2

Спектральные значения медленноволновой variability девушек
под воздействием активного ортостаза, в позе стоя

Статистика		BP	HR	SV	CO	EF	Fw	ATHRX	ATOE	RespX	RespT
Power	M	41,19	57,41	53,17	0,37	6,52	0,21	561,69	477,48	24319,9	175,10
	m	8,02	6,49	6,99	0,02	0,39	0,03	17,13	41,89	1100,41	23,32
	V	19,46	11,30	13,15	6,56	6,04	12,98	3,05	8,77	4,52	13,32
Fm	M	0,04	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09	0,10	0,03	0,15	0,16
	m	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
	V	4,17	7,89	4,49	2,13	3,38	7,39	1,53	4,41	1,00	10,13
P ₁	M	14,46	5,31	2,35	0,02	0,47	0,06	14,91	136,82	2,13	8,65
	m	3,33	0,70	0,29	0,00	0,03	0,01	1,18	13,95	0,36	1,18
	V	23,01	13,11	12,34	11,11	6,14	22,66	7,92	10,20	16,96	13,58
P ₂	M	23,12	17,55	14,22	0,09	1,81	0,07	100,85	225,49	549,35	19,52
	m	4,61	1,87	2,04	0,01	0,17	0,01	3,73	19,41	88,34	2,69
	V	19,94	10,64	14,36	9,57	9,22	17,14	3,69	8,61	16,08	13,77
P ₃	M	1,81	28,76	26,62	0,16	2,95	0,04	306,46	95,65	11263,5	24,86
	m	0,18	4,27	3,77	0,01	0,19	0,00	12,30	10,35	607,63	4,35
	V	10,16	14,86	14,18	5,00	6,40	8,33	4,01	10,82	5,39	17,52
P ₄	M	1,80	5,79	9,98	0,09	1,29	0,03	139,47	19,52	12505,0	122,07
	m	0,45	1,38	0,94	0,01	0,13	0,00	9,58	3,65	448,94	23,34
	V	0,00	23,87	9,40	10,11	10,18	12,50	6,87	18,68	3,59	19,12
% P ₁		17,40	11,20	5,60	4,80	7,00	15,00	3,00	31,40	0,00	14,00
% P ₂		48,80	33,40	27,20	22,80	29,20	27,00	19,00	43,80	2,00	20,40
% P ₃		27,00	44,80	47,80	47,80	48,20	30,20	54,00	20,00	45,00	14,80
% P ₄		6,80	10,60	19,80	24,80	15,40	27,80	24,00	5,00	52,80	51,00

литуд револн до центрально-нервных и объемрегулирующих.

В регуляции дыхательной функции преобладали объемрегулирующие и гуморально-гормональные воздействия. Более слабо задействованы барорефлекторные и центральные механизмы регуляции.

Итак, в горизонтальном положении в порядке рангового распределения значения ОМС в регуляции ССС расположились: гуморально-гормональные, барорефлекторные, объемрегулирующие и центрально-нервные (нейрогенные, надсегментарные).

Можно сказать, что интегративные механизмы регуляции кровообращения многообразны и подвержены адаптивно-компенсаторным изменениям в зависимости от функционального состояния юных спортсменов, особенностей их реагиро-

Сравнение табл. 1 и 2 выявило, что отмечалась тенденция к снижению ОМС показателей BP. В два раза увеличились значения Fw. Изменилась архитектура регуляторных процессов: P₂, P₃, P₁, P₄. Вклад барорефлекторной и центрально-нервной составляющих снизился, а гуморально-гормональной – повысился. На этом фоне увеличились объемрегулирующие механизмы. Общая мощность спектра HR осталась неизменной при несколько возросших значениях середины спектра. Гуморально-гормональные и барорефлекторные регуляции были относительно стабильны. Несколько снизился вклад центрально-нервной регуляции и почти вдвое увеличилось объемрегулирующее влияние с наличием дыхательных волн.

Под воздействием ортопробы несколько снизились значения ОМС ударного объема (SV) при

относительно стабильной Fw. Значительно повысился вклад гуморально-гормональных, барорефлекторных и объемрегулирующих факторов регуляции кровообращения при относительной неизменности центрально-нервных воздействий.

Общая мощность спектра МОК под влиянием активной ортопробы снизилась достоверно ($p < 0,05$) при почти неизменной Fw. Значительно усилились механизмы гуморально-гормональных и барорефлекторных регуляторных воздействий. Снизилось влияние объемрегулирующих факторов и незначительно воздействие центрально-нервных механизмов.

Статистически значимо снизилась ОМС фракция выброса ($p < 0,01$) при почти неизменной Fw. Вклад гуморально-гормональных воздействий выглядел приоритетно. При этом центрально-нервные, объемрегулирующие и барорефлекторные влияния снизились.

Значения ОМС Fw снизились существенно под воздействием ортопробы ($p < 0,01$), а середина спектра револн оставалась относительно стабильной. Спектр регуляции кровообращения в порядке рангового распределения (%) сместился в диапазон волн P₃, P₄, P₂, P₁. Доминировал соответственно вклад гуморальных, барорефлекторных и объемрегулирующих механизмов регуляции ССС (ДВНС). Снизился вклад фактора центрально-нервных влияний. Уменьшилась ОМС АТНХ при неизменной середине спектра. Явно приоритетно выглядел вклад гуморально-гормональных составляющих регуляции револн больших сосудов при относительно неизменной объемрегулирующей, барорефлекторной и центрально-нервной составляющей. Почти вдвое снизилась ОМС значений АТОЕ при одинаковой Fw.

Значения ОМС RespX незначительно снизились при относительно маловариативной Fw. Спектр регуляции дыхательной составляющей в порядке распределения составил: P₄, P₃, т.е. объемрегулирующий и гуморально-гормональный вклад доминировал. Значения ОМС RespT и Fw револны явно доминировали объемрегулирующие и барорефлекторные влияния. Повысились центрально-нервные и снизились гуморально-гормональные механизмы.

Резюмируя полученные данные, необходимо отметить, что в положении лежа доминировали механизмы регуляции центральной гемодинамики барорефлекторного и гуморально-гормонального спектра действия. Значительная роль в ходе объемрегулирующих составляющих проявлялась в следующих значениях ОМС: МОК, фракция выброса, АТНХ, RespX, RespT. Центрально-нервная регулирующая проявлялась в ОМС следующих показателей: ВР, HR, EF, Fw, АТОЕ. В остальных параметрах ОМС была более низкой (0–8,86 %).

В вертикальном положении тела девушек приоритетно представлен вклад следующих значений центральной нервной гемодинамики ОМС: ВР, EF, HR, Sv, CO, Fw, представляющих высокий

процент гуморально-гормональных и барорефлекторных механизмов. В регуляции амплитуды револн и дыхания доминировали объемрегулирующие влияния. Значительная роль в ОМС показателей RespX и T принадлежала диапазону P₄. Большой вклад этого диапазона вносили: SV, CO, АТНХ, Fw, EF. Роль центрально-нервной регуляции проявлялась в значениях ОМС следующих показателей ССС: ВР, Fw, АТОЕ, RespT, HR.

Следовательно, в позе стоя, как и в положении лежа, действовали механизмы, регулирующие функционирование кардиогемодинамики, но в разных отношениях вклада в ОМС. Необходимо отметить, что в архитектонике ОМС регуляции, кровообращения в позе стоя не наблюдалось изменений в объемрегулирующей и центрально-нервной вкладе по сравнению с положением лежа. Доминировали гуморально-гормональные и барорефлекторные механизмы, более ярко проявляющиеся по сравнению с горизонтальным положением.

Процентное распределение значений ОМС среднего динамического по диапазонам медленно-волновых колебаний давления барорефлекторных механизмов, затем следовали по степени значимости нейрогенные и гуморально-гормональные регуляторные воздействия. В значениях НЧ преобладали гуморально-гормональные влияния, затем барорефлекторные и центрально-нервные регуляторные уровни кардиогемодинамики. Небольшой процент (5, 4, 3 %) составили объемрегулирующие воздействия.

В показателях УО доминировали в порядке распределения гуморально-гормональное, барорефлекторные и объемрегулирующие механизмы ОМС. Лишь 6,57 % отводилось центрально-нервным регуляторным влияниям.

Регуляция ОМС МОК в порядке ранжирования осуществлялась объемрегулирующим, гуморально-гормональными уровнями. Лишь 3,86 % ОМС МОК осуществлялось центрально-нервными механизмами. В регуляции фракции выброса одинаковую роль играли барорефлекторные и гуморально-гормональные воздействия, затем шли объемрегулирующие и центрально-нервные влияния. В регуляции ОМС Fw в порядке распределения были задействованы механизмы барорефлекторные, гуморально-гормональные и центрально-нервные, а затем следовали объемрегулирующие воздействия.

Показатели ОМС АТНХ в порядке ранжирования расположились следующим образом: гуморально-гормональные, объемрегулирующие и барорефлекторные факторы. Центрально-нервная регуляция составила лишь 7,86 % ОМС. В регуляции ОМС АТОЕ доминировали в порядке распределения барорефлекторные и центрально-нервные факторы, затем следовали гуморально-гормональные. Вклад объемрегулирующих факторов составил 1,43 % ОМС. Значения ОМС RespX обеспечивались преимущественно объемрегулирующими

(60,80 %), гуморально-гормональными (28,86 %), барорефлекторными (11,43 %) и лишь на 3,85 % центрально-нервными механизмами. Регуляцию ОМС ResPT в порядке распределения составили объемрегулирующие, барорефлекторные и гуморально-гормональные факторы. Лишь 8,86 % регуляции ОМС составили центрально-нервные факторы.

Таким образом, в регуляции центральной гемодинамики факторы распределились: гуморально-гормональные, барорефлекторные, объемрегулирующие и центрально-нервные. Следует отметить, что каждый компонент ССС имел свои доминантные значения ОМС. Например, ВР-барорефлекторные, HR, SV, гуморально-гормональные, СО-объемрегулирующие и т.д.

Необходимо отметить, что ОМС регуляции кровообращения у девушек и подростков несколько различались в центрально-нервной и барорефлекторной регуляции. Возможно, это взаимосвязано с головными особенностями регуляции.

Можно полагать, что интегративное состояние системы кровообращения зависит от исходных данных подготовленности, половых особенностей и индивидуальной специфики реагирования на гравитационное воздействие.

Действительно, ортопроба позволяет измерить функциональные резервы как вегетативной регуляции путем определения активности вазомоторного центра (АВЦ), так и при недействии АВЦ в процессе регулирования кровотока, когда включаются другие уровни управления (надсегментарные, периферические, гормональные). Включение центрально-нервных механизмов регуляции, возможно, связано с напряжением систем и снижением функциональных резервов кардиогемодинамики. Данный механизм регуляции сосудистого тонуса является медленным компонентом барорефлекса, который проявляется во всех гравитационных воздействиях.

Литература

1. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр»): учеб. пособие в 2 т. / А.А. Астахов. – Челябинск: Микролюкс, 1996. – Т. 1. – 174 с.; Т. 2. – 162 с.

2. Бубнова, И.Д. Центральные механизмы гуморально-метаболической и автономной регуляции кровообращения при критических состояниях, обусловленных патологией головного мозга: дис. ... д-ра мед. наук / И.Д. Бубнова. – Челябинск, 2001. – 299 с.

3. Быков, Е.В. Влияние уровня двигательной

активности на функциональное состояние здоровья учащихся 12–17 лет и физиологическое обострение оздоровительных программ: дис. ... д-ра мед. наук / Е.В. Быков. – Курган, 2002. – 316 с.

4. Вегетативные расстройства: Клиника, лечение, диагностика: учеб. пособие / под ред. А.М. Вейна. – М.: Медицинское информационное агентство, 2000. – 752 с.

5. 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.

6. Исаев, А.П. Функциональные критерии гемодинамики в системе тренировки спортсменов (индивидуализация, отбор, управление): учеб. пособие / А.П. Исаев, А.А. Астахов, Л.М. Куликов. – Челябинск: ЧГИФК: ЧГИУВ, 1993. – 170 с.

7. Мкртумян, А.М. Физиологическая активность организма учащихся 7–18 лет различного развития и подготовленности при применении оздоровительных технологий: дис. ... д-ра мед. наук / А.М. Мкртумян. – Курган, 2004. – 369 с.

8. Ненашева, А.В. Формирование аллостаза, особенности роста и развития детей из социально неблагополучных семей: дис. ... д-ра биол. наук / А.В. Ненашева. – Челябинск: ЧГПУ, 2008. – 382 с.

9. Новые данные о медленных волнах комплекса параметров кровообращения здоровых / А.А. Астахов, И.Д. Бубнова, Б.М. Говоров и др. // Инженеринг в медицине: III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. «Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы»: II Всерос. симпозиум 23–24 марта 2002 г.: сб. науч. тр. – Челябинск, 2002. – С. 227–237.

10. Потапова, Т.В. Адаптивно-компенсаторные реакции организма юных спортсменов на нагрузки прогрессивной тренировки и восстановления: монография / Т.В. Потапова, В.В. Эрлих, А.М. Мкртумян; под науч. ред. А.П. Исаева. – Тюмень: Изд-во ТГУ, 2008. – 344 с.

11. Сабирьянов, А.Р. Структура медленноволновой вариабельности показательной гемодинамики, как интегральная характеристика активности уровней регуляции системы кровообращения у детей младшего и среднего возраста: дис. ... д-ра мед. наук / А.Р. Сабирьянов. – Курган, 2005. – 313 с.

12. Хаспекова, Н.С. Регуляция вариабельности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга: дис. ... д-ра мед. наук / Н.С. Хаспекова. – М., 1996. – 217 с.

Поступила в редакцию 11 марта 2009 г.