



# МЕДИКО-БИОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ В ОЗДОРОВЧІЙ ФІЗИЧНІЙ КУЛЬТУРІ І СПОРТІ

## Особенности вегетативной регуляции у представителей различных спортивных специализаций

**И. Б. Барановская, Т. В. Бушуева**

Кубанский государственный университет физической культуры, спорта  
и туризма, Краснодар, Россия

**Резюме.** Проведено порівняльний аналіз вегетативного статусу спортсменів високої кваліфікації (чоловіків) у віці від 18 до 28 років, які спеціалізуються у різних видах спорту (веслування на байдарках і каное, велосипедні шосейні гонки, плавання, біг на 400–800 м). Встановлено, що у представників циклічних видів спорту значення показників варіабельності серцевого ритму коливається у високих межах. У зв'язку з цим виправдано оцінювати у динаміці варіабельність серцевого ритму в однорідній виборці атлетів. Особливість вегетативної регуляції серцевої діяльності обстеженої групи атлетів полягає у збільшенні активності центрального контуру, зниженні вагусного впливу на серце, помірній ригідності серцевого ритму.

**Ключові слова:** варіаційна пульсометрія, вегетативний статус, вегетативна регуляція серцевої діяльності.

**Summary.** The prime object of the studies was a comparative analysis of vegetative status in highly trained male athletes aged between 18 and 28 years and engaged in different sports (rowing and canoeing, road bicycle racing, swimming and running 400–800 m). Repeatedly registered over a span of several years were base hemodynamic parameters and indices of variational pulsometry (valenta diagnostic equipment). It is found that indices of heart rate variability for athletes involved in cyclic sports vary between very high limits. In this context it seems justified to assess heart rate variability within homogeneous sample of athletes over a period of time. For the group of tested track and field athletes peculiarity of autonomic regulation of cardiac action consists in enhancement of central circuit activity, decrease in vagal effects on the heart, moderate rigidity of heart rate.

**Key words:** variational pulsometry, vegetative status, autonomic regulation of cardiac action.

**Постановка проблеми.** Объективными критериями оценки текущего функционального состояния и физической подготовленности спортсменов являются физиологические показатели, отражающие состояние механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности [1]. Нарушение вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы служит ранним признаком срыва адаптации организма к нагрузкам и ведет к снижению работоспособности [2]. При превалировании симпатического звена регуляции организм работает в условиях внутреннего стрессорного напряжения. Длительное и непрерывное функционирование организма спортсмена в условиях стресса может

через какое-то время привести к формированию органических нарушений, вначале обратимых, а затем малообратимых [3].

В последние годы для оценки функционального состояния спортсменов все более популярным становится анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), являющийся простым, неинвазивным и информативным методом исследования вегетативной нервной системы [6]. При этом вопрос относительно вегетативного статуса представителей отдельных спортивных специализаций остается открытым.

**Материал и методы исследования.** В течение ряда лет под наблюдением находились

спортсмены мужского пола 18—28 лет — представители циклических видов спорта четырех спортивных специализаций. Основные выборки составили: велосипедисты — 20, бегуны на 400—800 м — 9, пловцы — 10, гребцы на байдарках и каноэ — 21. Все спортсмены — представители соответствующих сборных команд Краснодарского края с квалификацией кандидатов и мастеров спорта.

Исследовались избранные антропометрические параметры (рост, масса тела, площадь тела), гемодинамические параметры (частота сердечных сокращений — ЧСС, систолическое артериальное давление — САД, диастолическое артериальное давление — ДАД, пульсовое артериальное давление — ПАД, показатель двойного произведения — ПДП), а также показатели ВСР. Параметры ВСР вычислялись с помощью диагностического

комплекса «Валента». Полученные результаты обрабатывались традиционными статистическими методами с использованием программы «Statistica-7». В частности, оценивалось среднее значение (M), стандартное отклонение (Sd), ошибка среднего значения (m), коэффициент корреляции (r). Из-за немногочисленности выборок групповая достоверность различий при уровне значимости  $p \leq 0,05$  устанавливалась на основе непараметрических критериев: Уитни Манна для независимых выборок и Вилсона — для зависимых.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В таблицах 1 и 2 представлены статистические характеристики основных показателей антропометрии, гемодинамики и вариационной пульсометрии у представителей анализируемых спортивных специализаций.

ТАБЛИЦА 1 —  
Статистическая характеристика параметров антропометрии, гемодинамики ВСР спортсменов, специализирующихся в велосипедном спорте и в легкой атлетике

Показатель	Велосипедисты			Легкоатлеты		
	M	Sd	m	M	Sd	m
Возраст	19,03	2,58	0,47	23,00	3,84	1,28
Масса тела	69,17	7,82	1,43	74,89	7,67	2,56
Рост	179,50	6,05	1,10	184,00	6,76	2,25
Площадь тела	1,86	0,12	0,02	1,96	0,12	0,04
ЧСС	64,20	11,62	2,12	57,56	11,79	3,93
САД	118,00	8,78	1,76	129,44	5,83	1,94
ДАД	74,80	8,23	1,65	83,33	8,66	2,89
ПАД	43,20	6,90	1,38	—	—	—
ПДП	77,62	15,67	3,13	74,44	15,58	5,19
Математическое ожидание	0,97	0,20	0,04	0,88	0,15	0,05
RR max	1,20	0,23	0,04	1,10	0,25	0,08
RR min	0,72	0,13	0,02	0,68	0,18	0,06
Размах	0,48	0,18	0,03	0,42	0,25	0,08
СКО	0,09	0,03	0,01	0,08	0,04	0,01
Дисперсия	10003,37	6985,10	1275,30	7797,11	9709,50	3236,50
Вариация	9,93	2,96	0,54	8,67	4,06	1,35
Асимметрия	-0,04	0,52	0,09	0,17	0,62	0,21
Эксцесс	2,65	1,26	0,23	2,91	2,30	0,77
Мода	1,00	0,20	0,04	0,93	0,14	0,05
Амплитуда моды	27,77	10,74	1,96	31,67	6,80	2,27
Коэффициент монотонности	73,80	55,29	10,09	103,44	52,78	17,59
Индекс напряжения	40,50	36,06	6,58	58,56	33,45	11,15
Мощность быстрых волн	2243,33	2446,87	446,74	1796,56	2738,00	912,67
Мощность быстрых волн (норма)	66,17	10,49	1,92	67,56	8,63	2,88
Мощность медленных волн 2	877,60	649,80	118,64	854,78	1241,21	413,74
Мощность медленных волн 2 (норма)	33,97	10,31	1,88	32,44	8,63	2,88
Мощность медленных волн 1	1783,77	1811,48	330,73	1350,78	2515,42	838,47
MB2/БВ	74,41	404,48	73,85	0,50	0,21	0,07
MB1/БВ	1,39	1,13	0,21	0,75	0,58	0,19
(MB1+ MB2)/БВ	1,95	1,29	0,24	1,25	0,65	0,22
Триангулярный индекс	14,10	5,11	0,93	16,00	3,35	1,12
Ширина базовой линии	219,93	79,69	14,55	249,67	52,29	17,43
Дифференциальный индекс ритма	27,20	10,70	1,95	28,78	17,28	5,76
СКО для разностей RR	78,23	46,37	8,47	54,56	44,10	14,70
pRR50	41,57	23,24	4,24	23,33	18,28	6,09

Показатель	Гребцы			Пловцы		
	M	Sd	m	M	Sd	m
Возраст	19,90	2,17	0,49	21,11	3,06	1,02
Масса тела	83,70	11,57	3,66	81,33	5,41	1,80
Рост	185,00	10,08	3,19	188,11	8,24	2,75
Площадь тела	2,08	0,20	0,06	2,07	0,11	0,04
ЧСС	58,65	10,30	2,30	67,78	12,15	4,05
САД	119,50	10,99	2,46	119,44	11,84	3,95
ДАД	77,00	8,49	1,90	74,44	10,74	3,58
ПАД	41,84	8,85	2,03	45,00	6,12	2,04
ПДП	69,89	12,87	2,88	81,13	17,02	5,67
Математическое ожидание	1,04	0,17	0,04	0,91	0,17	0,06
RR max	1,27	0,19	0,04	1,24	0,21	0,07
RR min	0,79	0,16	0,04	0,68	0,10	0,03
Размах	0,48	0,18	0,04	0,56	0,18	0,06
СКО	0,09	0,03	0,01	0,10	0,03	0,01
Дисперсия	9281,45	5560,28	1243,32	10332,56	6597,80	2199,27
Вариация	9,00	2,64	0,59	10,67	3,32	1,11
Асимметрия	-0,13	0,70	0,16	0,38	0,60	0,20
Эксцесс	3,24	3,09	0,69	3,68	1,49	0,50
Мода	1,07	0,20	0,04	0,98	0,18	0,06
Амплитуда моды	40,35	61,72	13,80	25,56	7,68	2,56
Коэффициент монотонности	67,10	41,83	9,35	60,00	54,12	18,04
Индекс напряжения	32,30	27,08	6,06	33,78	36,13	12,04
Мощность быстрых волн	1844,60	1744,54	390,09	1691,78	1182,67	394,22
Мощность быстрых волн (норма)	65,75	12,40	2,77	58,67	9,33	3,11
Мощность медленных волн 2	767,40	524,26	117,23	1126,11	676,91	225,64
Мощность медленных волн 2 (норма)	34,25	12,40	2,77	41,33	9,33	3,11
Мощность медленных волн 1	1938,70	1776,06	397,14	2614,44	2783,86	927,95
MB2/BB	0,58	0,33	0,07	0,74	0,29	0,10
MB1/BB	1,34	0,89	0,20	1,78	1,51	0,50
(MB1+ MB2)/BB	1,97	1,11	0,25	2,53	1,73	0,58
Триангулярный индекс	14,70	7,48	1,67	12,67	3,64	1,21
Ширина базовой линии	229,30	116,64	26,08	197,67	56,76	18,92
Дифференциальный индекс ритма	26,05	18,49	4,13	28,89	10,99	3,66
СКО для разностей RR	74,65	34,99	7,82	61,00	24,48	8,16
pRR50	43,40	22,09	4,94	32,56	16,13	5,38

ТАБЛИЦА 2 —  
Статистическая характеристика параметров антропометрии, гемодинамики ВСР спортсменов, специализирующихся в гребном спорте и плавании

Анализ данных таблиц 1 и 2 показал, что параметры вариационной пульсометрии колеблются у спортсменов в достаточно широких пределах. При этом не обнаружено достоверных различий между аналогичными показателями пловцов, велосипедистов и гребцов. Что касается легкоатлетов, то обнаружен ряд достоверных отличий,

свидетельствующих об особом вегетативном статусе данных представителей циклического вида спорта. В таблице 3 приведены сводные данные, относящиеся к показателям, обнаружившим достоверные отличия.

В соответствии с таблицей 3, у легкоатлетов САД достоверно выше, чем у всех остальных

Показатель	Легкоатлеты	Гребцы*	Пловцы**	Велосипедисты***	p ≤ 0,05
САД	129,4 ± 5,8	119,5 ± 2,5	119,4 ± 3,9	118 ± 8,7	*** **
ДАД	83,3 ± 8,6	77,0 ± 8,5	74,4 ± 10,7	74,8 ± 8,2	***
Математическое ожидание	0,88 ± 0,05	1,04 ± 0,03	0,91 ± 0,06	0,97 ± 0,03	*
RR max	1,10 ± 0,08	1,27 ± 0,19	1,24 ± 0,20	1,2 ± 0,2	*
Индекс напряжения	58,6 ± 11,1	32,3 ± 6,1	60,0 ± 18,0	40,5 ± 36,1	*
Мощность медленных волн 1	1350,7 ± 838	1938,7 ± 1776	2614,4 ± 2783	1783 ± 1811	*** **
MB1/BB	0,75 ± 0,19	1,34 ± 0,88	1,78 ± 1,5	1,39 ± 1,1	*
pRR50	23,3 ± 18,2	43,4 ± 5,3	32,6 ± 16,1	41,5 ± 23,2	***

ТАБЛИЦА 3 — Сводная таблица параметров гемодинамики и ВСР с достоверностью различий

представителей трех спортивных специализаций. Значение ДАД также увеличено, но достоверность различий обнаруживается только с гребцами. При этом отметим, что только у легкоатлетов отсутствует статистически значимая корреляция между САД и ДАД, в то время как у представителей других спортивных специализаций эти показатели связаны достоверной положительной взаимосвязью. Коэффициенты корреляции в функциональном плане могут расцениваться как жесткость связей между признаками. Если коэффициент корреляции низок, реакции на изменения условий становятся неопределенными и непредсказуемыми. Вероятно, данная рассогласованность изменений САД и ДАД свидетельствует о снижении адаптивного потенциала системы.

У легкоатлетов в отличие от гребцов достоверно снижен показатель ВСП — математическое ожидание. Этот параметр, обладая наименьшей изменчивостью среди всех статистических параметров, отражает конечный результат всех регуляторных влияний на сердце и систему кровообращения в целом. Он эквивалентен ЧСС. Вероятно, в контексте сказанного статистически значимое снижение параметра математического ожидания свидетельствует об увеличении нагрузки на аппарат кровообращения в группе легкоатлетов.

Согласно полученным данным, у легкоатлетов достоверно снижен показатель pRR50 (процент общего количества последовательных пар интервалов, полученных во время записи, различающихся более чем на 50 мс). В норме, по данным [4], он составляет 20—50 с. Уменьшение pRR50 указывает на увеличение влияния симпатического звена регуляции на ритм сердца. При этом достоверное увеличение в группе легкоатлетов значения индекса напряжения (различие значимо с гребцами) согласуется со сказанным выше и свидетельствует о тенденции повышения централизации управления сердечного ритма у бегунов. Однако отметим, что индекс напряжения более корректно использовать для оценки ВСП только одного индивида и за короткий промежуток времени. Общеизвестно, что групповая интерпретация его затруднена из-за невозможности нормирования, нелинейного характера изменений и гиперчувствительности.

На фоне сказанного выше представляет интерес достоверное снижение мощности медленных волн 1 в группе легкоатлетов (различия достоверны с гребцами, пловцами и велосипедистами) и коэффициента МВ1/БВ (различия достоверно с гребцами). Одни исследователи рассматривают МВ1 как маркер симпатической активности, другие считают, что в их образовании участвуют

оба отдела вегетативной нервной системы. Тем не менее интерпретация данных сверхмедленных колебаний с периодом более 30 с весьма противоречива. Отечественные авторы склоняются к их гуморальному происхождению [4]. Так, Р. М. Баевский предположил, что основной (околонулевой) пик данного диапазона связан с активностью надсегментарных, в частности, гипоталамических центров вегетативной регуляции, которые генерируют медленные ритмы, передающиеся к сердцу через симпатическую нервную систему [5]. Согласно данным корреляционного анализа, у легкоатлетов с уменьшением мощности сверхмедленных колебаний достоверно снижаются RRmax ( $r = 0,83$ ), pRR50 ( $r = 0,75$ ), СКО ( $r = 0,93$ ), а также дисперсия ( $r = 0,97$ ), что сопряжено со снижением степени вариабельности сердечного ритма.

Несмотря на то что ведущими физиологическими системами обеспечения работы в циклических видах спорта и, особенно, при беге на средние и длинные дистанции, являются кислородтранспортные системы, велика роль центральной нервной системы, которая обеспечивает управление движениями, осуществляемыми с очень большой скоростью, требующими высокого уровня возбудимости и лабильности нервных центров, хорошей подвижности нервных процессов. Вероятно, именно эти требования, предъявляемые к ЦНС, способствуют тому, что вегетативный статус легкоатлетов можно представить как снижение вагусного влияния на ритм сердца и умеренное напряжение регуляторных систем.

Состояние регуляторных возможностей вегетативной нервной системы гребцов представляется наиболее оптимальным из рассматриваемых четырех групп атлетов. Как следует из таблиц 2 и 3, у них на фоне умеренного урежения синусового ритма, характерного для спортсменов высокой квалификации (ЧСС =  $58,7 \pm 10,3$ ), судя по RRmax и pRR50, отмечается наивысшая изменчивость ритма сердца. Индекс напряжения у гребцов минимальный, причем по сравнению с легкоатлетами различия статистически значимы. Интересен тот факт, что амплитуда моды в группе гребцов не обнаруживает достоверных взаимосвязей ни с одним показателем ВСП или гемодинамики, в том числе и с индексом напряжения. Следовательно, у данной группы спортсменов регуляция сердечного ритма характеризуется максимальным уровнем степеней свободы. Такое состояние вегетативной нервной системы можно охарактеризовать высоким уровнем функционирования системы, достаточным функциональным резервом и оптимальным напряжением регуляторных

систем, необходимым для поддержания активно-го равновесия организма со средой.

В ходе наших исследований не подтвердилось предположение о взаимосвязи рейтинга и квалификации атлетов и показателей ВСР. Однако удалось обнаружить различия, связанные со спортивным стажем. Для этих целей мы проанализировали динамику в группе велосипедистов. В таблице 4 представлены данные за 2009 и 2011 гг. по показателям ВСР, обнаружившим достоверные внутригрупповые различия.

В соответствии с таблицей 4, с возрастом спортсмена спортивного стажа у квалифицированных атлетов обнаруживается уменьшение амплитуды моды, коэффициента монотонности, индекса напряжения и мощности медленных волн 2. Снижение коэффициента монотонности указывает на уменьшение активности центрального контура регуляции ВСР. Амплитуда моды и мощность медленных волн 2 отражают меру мобилизующего влияния симпатического отдела нервной системы. Как следует из данных таблицы, эта мера снижается с ростом спортивного мастерства, а значит, возрастает долевой вклад вагусных автономных влияний на варибельность ритма сердца. Таким образом, с увеличением спортивного стажа возрастает функциональный резерв вегетативной нервной системы.

#### Выводы:

1. Особенность вегетативной регуляции сердечной деятельности обследованной группы легкоатлетов заключается в увеличении активности

#### Литература

1. *Вариабельность* сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение // Тез. докл. IV все-рос. симп. / отв. ред. Н. И. Шлык, Р. М. Баевский. — Ижевск, 2008. — 344 с.
2. *Приходько В. И.* Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы юных пловцов, достигших высоких спортивных результатов / В. И. Приходько, Л. М. Беляева // Теория и практика физ. культуры. — 1996. — № 9. — С. 2—5.
3. *Оржоникидзе З. Г.* Физиология футбола / З. Г. Оржоникидзе, В. И. Павлов. — М.: Человек, 2008. — 240 с.
4. *Березной Е. А.* Практическая кардиоритмография / Е. А. Березной, А. М. Рубин, Г. А. Утехина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Науч.-произв. предприятие «Нео». — 2005. — 140 с.
5. *Баевский Р. М.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клещкин. — М.: Наука, 1984. — 221 с.
6. *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology.* Heart rate variability. Standarts of Measurement. Physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. — 1996. — Vol. 93. — P. 1043—1065.

ТАБЛИЦА 4 — Сводная таблица показателей ВСР, обнаруживших достоверные внутригрупповые различия

Показатель	2009 г.			2011 г.			p
	M	Sd	m	M	Sd	m	
Амплитуда моды	38	12,8	3,9	28	10,7	3,2	0,04
Коэффициент монотонности	110	79,5	24	73,5	58,3	18	0,02
Индекс напряжения	59,7	51,8	15,7	41,7	35,2	11	0,05
Мощность медленных волн 2	1805	3866	1165	1527	17,3	521	0,02

центрального контура, снижении вагусного влияния на сердце, умеренной ригидности сердечного ритма.

2. Вегетативный статус гребцов характеризуется преобладанием вагусных влияний, высоким функциональным резервом, оптимальным напряжением регуляторных систем.

3. Отсутствие взаимосвязи показателей ВСР со спортивной квалификацией и рейтингом спортсменов, выставяемым тренером, подтверждает субъективность подобных оценок.

4. С ростом спортивного мастерства уменьшается степень симпатических влияний на ритм сердца, повышаются функциональные возможности сердечно-сосудистой системы.

5. У представителей циклических видов спорта значения показателей ВСР колеблются в очень высоких пределах. Методологически оправдано оценивать варибельность сердечного ритма в однородной выборке атлетов в динамике.

#### References

1. *Heart rate variability: theoretical aspects and practical applications* // *Proc. Reports. IV All-Russia. Symp.* / Ed. N. I. Shlyk, R. M. Bayevsky. — UdSU. Izhevsk, 2008. — 344 p.
2. *Prihodko V. I.* Features of the cardiovascular system functional state of the young swimmers who have attained a high sports results / V. I. Prihodko, L. M. Belyaeva / *Theory and Practice of Physical Culture*. — 1996. — N 9. — P. 2—5.
3. *Orzhonikidze Z. G.* Physiology of soccer / Z. G. Orzhonikidze, V. I. Pavlov. — M.: Chelovek, 2008. — 240 p.
4. *Bereznoy E. A.* Practical cardio rate graphic / E. A. Bereznoy, A. M. Rubin, G. A. Utekhina. 3rd edition, revised and enlarged. Scientific and Production Enterprise "Neo". — 2005. — 140 p.
5. *Baevsky R. M.* Mathematical analysis of heart rate changes during stress / R. M. Baevsky, O. I. Kirillov, S. Z. Kletschin. — Moscow: Nauka, 1984. — 221 p.
6. *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology.* Heart rate variability. Standarts of Measurement. Physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. — 1996. — Vol. 93. — P. 1043—1065.

Надійшла 03.08.2012