

О.В. Калабин, А.П. Спицин

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПАУЭРЛИФТЕРОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

DOI 10.25789/YMJ.2018.61.09

УДК 612.172.2

Изучены особенности вариабельности сердечного ритма у пауэрлифтеров в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции при воздействии тренировочного процесса.

У спортсменов с нормоваготоническим типом вегетативной регуляции в ответ на ортостатическую пробу до тренировки наблюдалось увеличение симпатической и уменьшение парасимпатической активности, что указывает на высокую реактивность регуляторных механизмов и достоверно повышенные функциональные возможности их организма. У пауэрлифтеров с нормосимпатикотоническим типом вегетативной регуляции высокое напряжение регуляторных механизмов до тренировки, низкая реактивность автономной нервной системы, высокая централизация в управлении сердечным ритмом указывают на низкие функциональные возможности их организма.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, тип вегетативной регуляции, ортостатическая проба, пауэрлифтинг, адаптация.

We studied the peculiarities of heart rate variability in the powerlifters depending on the initial type of vegetative regulation under the influence of the training process.

In the powerlifters with normovagotonic type of autonomic regulation in response to an orthostatic test before training, there was an increase in sympathetic and a decrease in parasympathetic activity, which indicated a high reactivity of regulatory mechanisms and reliable functional capabilities of their body. In the powerlifters with normosympathicotonic type of autonomic regulation high tension of regulatory mechanisms before training, low reactivity of the autonomic nervous system, high centralization in the management of the heart rhythm indicate a low functional capacity of their body.

Keywords: variability of heart rhythm, type of vegetative regulation, orthostatic test, powerlifting, adaptation.

Введение. Интенсивные силовые упражнения требуют от организма спортсмена быстрых изменений частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД), необходимых для поддержки метаболических потребностей двигательного аппарата. Сердечно-сосудистой системе при этом отводится особая роль, поскольку именно она обеспечивает кислородные потребности работающих мышц и всего организма.

Несмотря на многочисленные исследования, взаимодействие между функционированием сердечно-сосудистой системы, вегетативными механизмами регуляции и физической нагрузкой требует дальнейшего изучения. Одним из доступных высокоинформативных методов исследования сердечно-сосудистой системы является ортостатическая проба [1].

Исходя из представлений о двухконтурной модели управления сердечным ритмом, было выделено четыре типа вегетативной регуляции сердечного ритма: два с преобладанием центральной регуляции (умеренное (I тип) и выраженное (II тип)) и два с преобладанием автономной регуляции (умеренное (III тип) и выраженное (IV тип))

КАЛАБИН Олег Владимирович – ассистент кафедры ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», kalabinoleg@gmail.com; **СПИЦИН Анатолий Павлович** – д.м.н., проф., зав. кафедрой ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет», med@kirovgma.ru.

[2]. Взяв за основу классификации не отделы вегетативной нервной системы (симпатический и парасимпатический), а центральный и автономный контуры вегетативного управления физиологическими функциями, тем самым мы подтвердили участие в процессах вегетативной регуляции многих звеньев единого регуляторного механизма. Это системный подход к рассмотрению сложнейшего механизма регуляции физиологических функций, о котором можно судить по данным анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Для экспресс-оценки преобладающего типа вегетативной регуляции за основу берутся количественные критерии показателей ВСР: SI и VLF (табл.1) [3].

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 38 мужчин в возрасте 18-25 лет, занимающихся пауэрлифтингом. Регистрацию кардиоритмограммы осу-

ществляли с использованием вегетотестера «ВНС-Микро», а обработку проводили на основе пакета программ «Поли-Спектр» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново). Исследование включало несколько этапов: 1) регистрация ЭКГ (ритмограммы) в исходном состоянии и после выполнения ортопробы; 2) выполнение силовой тренировки около максимальной анаэробной мощности; 3) регистрация ЭКГ (ритмограммы) после тренировки; 4) выполнение ортопробы с последующей регистрацией ритмограммы.

В дальнейшем рассчитывали и анализировали временные показатели сердечного ритма: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин); среднеквадратичное отклонение последовательных R-R интервалов (SDNN, мс); стандартное отклонение разности последовательных R-R интервалов (rMSSD, мс); частоту последовательных R-R интервалов с разностью бо-

Таблица 1

Оценка вегетативной регуляции кровообращения

Умеренное преобладание центральной регуляции (I тип – нормосимпатикотония)	SI >100 у.е., VLF >240 мс ²
Выраженное преобладание центральной регуляции (II тип – гиперсимпатикотония)	SI >100 у.е., VLF <240 мс ²
Умеренное преобладание автономной регуляции (III тип – нормоваготония)	20 >SI <100 у.е., VLF >240 мс ²
Выраженное преобладание автономной регуляции (IV тип – гиперваготония) (нарушение работы синусового узла)	SI < 20 у.е., TP > 16000 мс ² , VLF > 500 мс ²

Таблица 2

Фоновые показатели ВСР до и после тренировки у нормоваготоников ($M \pm m$)

Проба	Фон (n=22)		p
	до тренировки	после тренировки	
RRNN	871,10 $\pm$ 18,26	688,2 $\pm$ 32,39	0,001
SDNN	55,40 $\pm$ 4,28	28,1 $\pm$ 4,59	0,002
rMSSD	43,80 $\pm$ 4,33	17,5 $\pm$ 3,95	0,002
pNN50	22,95 $\pm$ 4,34	3,23 $\pm$ 1,51	0,001
TP	3607,6 $\pm$ 605,52	1265,3 $\pm$ 356,5	0,005
VLF	1421,5 $\pm$ 237,60	449,03 $\pm$ 108,14	0,002
LF	1086,7 $\pm$ 202,48	511,02 $\pm$ 140,29	0,028
HF	1099,6 $\pm$ 292,22	305,02 $\pm$ 121,04	0,013
LF norm	52,85 $\pm$ 4,82	73,34 $\pm$ 4,63	0,008
HF norm	47,15 $\pm$ 4,82	26,65 $\pm$ 4,63	0,008
LF/HF	1,38 $\pm$ 0,30	4,99 $\pm$ 1,67	0,009
%VLF	41,09 $\pm$ 4,65	44,76 $\pm$ 6,90	0,880
%LF	31,26 $\pm$ 3,48	38,65 $\pm$ 4,82	0,273
%HF	27,63 $\pm$ 3,63	16,60 $\pm$ 3,49	0,076
Mo	0,87 $\pm$ 0,02	0,68 $\pm$ 0,03	0,001
AMo	36,18 $\pm$ 2,53	65,72 $\pm$ 6,88	0,001
IBP	110,37 $\pm$ 13,99	662,80 $\pm$ 199,5	0,001
ПАПР	41,73 $\pm$ 2,72	100,41 $\pm$ 13,07	0,001
ВПР	3,41 $\pm$ 0,29	13,35 $\pm$ 3,29	0,000
ИН	63,08 $\pm$ 7,42	528,71 $\pm$ 171,90	0,001

лее 50 мс (pNN50, %); амплитуду моды (AMo, %); индекс напряжения (ИН, усл. ед.); показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, баллы).

Условные обозначения показателей variability сердечного ритма представлены в соответствии с международными стандартами оценки ВСР и используемыми ориентировочными нормативами. На основе проведения спектрального анализа ВСР рассчитывали и анализировали частотные параметры: общую мощность спектра (TP), мощности в высокочастотном (HF, 0,16-0,4 Гц), низкочастотном (LF, 0,05-0,15 Гц) и очень низкочастотном (VLF, <0,05 Гц) диапазонах. Кроме того, вычисляли коэффициент LF/HF, отражающий баланс симпатических и парасимпатических регуляторных влияний на сердце. Для оценки преобладающего типа вегетативной регуляции за основу брали количественные критерии показателей ВСР: ИН и VLF [2].

Для статистической обработки полученных данных и представления результатов использовали пакет «SPSS Statistics v.20». При нормальном распределении анализируемых признаков вычисляли среднее значение (M) и стандартную ошибку среднего (m). При оценке характеристик спектрального анализа ВСР, имеющих распределение, отличное от нормального, использовали методы непараметрической статистики. Достоверность различий оценивали по критериям Манна-Уитни

и Вилкоксона.

Результаты и обсуждение. В ответ на тренировочную нагрузку у пауэрлифтеров с нормоваготоническим типом регуляции наблюдается смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатической активности, на что указывают уменьшение rMSSD, увеличение AMo и ИН, а также смещение баланса LF/HF (табл.2). Характерно достоверное снижение мощности во всех частотных диапазонах (VLF, LF, HF).

У пауэрлифтеров с данным типом вегетативной регуляции в ответ на ортостатическую пробу до тренировки (табл.3) наблюдаются увеличение симпатической (увеличение AMo, p=0,013; ИН, p=0,001) и уменьшение парасимпатической активности (уменьшение rMSSD, p=0,001; HF, p=0,049). Это указывает на высокую реактивность регуляторных механизмов и достоверно повышенные функциональные возможности организма пауэрлифтеров.

Сравнение показателей ответа на ортостатическое воздействие до и после тренировки показало следующее. После тренировки показатели ортостатической активности существенно отличаются (табл.4). Временные показатели (rMSSD,

Таблица 3

Показатели ВСР при выполнении ортостатической пробы до тренировки у нормоваготоников ($M \pm m$)

Проба	До тренировки (n=22)		p
	фон	ортотест	
RRNN	871,10 $\pm$ 18,26	679,8 $\pm$ 13,03	0,001
SDNN	55,40 $\pm$ 4,28	46,9 $\pm$ 3,11	0,150
rMSSD	43,80 $\pm$ 4,33	21,9 $\pm$ 2,85	0,001
pNN50	22,95 $\pm$ 4,34	3,19 $\pm$ 0,87	0,001
TP	3607,6 $\pm$ 605,52	3209,9 $\pm$ 402,73	0,940
VLF	1421,5 $\pm$ 237,60	1099,3 $\pm$ 134,98	0,364
LF	1086,7 $\pm$ 202,48	1660,1 $\pm$ 217,92	0,070
HF	1099,6 $\pm$ 292,22	450,6 $\pm$ 120,39	0,049
LF norm	52,85 $\pm$ 4,82	80,64 $\pm$ 3,16	0,001
HF norm	47,15 $\pm$ 4,82	19,35 $\pm$ 3,16	0,001
LF/HF	1,38 $\pm$ 0,30	5,81 $\pm$ 1,26	0,001
%VLF	41,09 $\pm$ 4,65	36,15 $\pm$ 3,66	0,406
%LF	31,26 $\pm$ 3,48	51,12 $\pm$ 3,01	0,001
%HF	27,63 $\pm$ 3,63	12,74 $\pm$ 2,60	0,007
Mo	0,87 $\pm$ 0,02	0,68 $\pm$ 0,02	0,000
AMo	36,18 $\pm$ 2,53	45,03 $\pm$ 1,62	0,013
BP	0,37 $\pm$ 0,04	0,31 $\pm$ 0,04	0,198
IBP	110,37 $\pm$ 13,99	169,32 $\pm$ 23,82	0,059
ПАПР	41,73 $\pm$ 2,72	66,72 $\pm$ 2,16	0,001
ВПР	3,41 $\pm$ 0,29	5,40 $\pm$ 0,53	0,003
ИН	63,08 $\pm$ 7,42	124,03 $\pm$ 15,26	0,001

p=0,010; AMo, p=0,008; ИН, p=0,004), а также спектральные показатели (VLF, p=0,013; LF, p=0,005; HF, p=0,019) характеризуют сохраняющееся напряжение регуляторных механизмов. Это может указывать на достаточно выраженную тренировочную нагрузку.

У нормосимпатотоников тренировочная нагрузка также сопровождалась увеличением симпатической активности (увеличением AMo, p=0,046; ИН, p=0,024) и снижением парасимпа-

Таблица 4

Показатели ВСР при ортотесте до и после тренировки у нормоваготоников ($M \pm m$)

Ортотест (n=22)	Проба		p
	до тренировки	после	
RRNN	679,8 $\pm$ 13,03	559,9 $\pm$ 20,28	0,001
SDNN	46,9 $\pm$ 3,11	27,1 $\pm$ 3,60	0,003
rMSSD	21,9 $\pm$ 2,85	11,6 $\pm$ 2,76	0,010
pNN50	3,19 $\pm$ 0,87	0,43 $\pm$ 0,18	0,005
TP	3209,9 $\pm$ 402,73	1359,9 $\pm$ 323,12	0,007
VLF	1099,3 $\pm$ 134,98	525,6 $\pm$ 128,95	0,013
LF	1660,1 $\pm$ 217,92	667,6 $\pm$ 177,40	0,005
HF	450,6 $\pm$ 120,39	166,57 $\pm$ 67,96	0,019
LF norm	80,64 $\pm$ 3,16	83,18 $\pm$ 3,80	0,427
HF norm	19,35 $\pm$ 3,16	16,82 $\pm$ 3,80	0,427
LF/HF	5,81 $\pm$ 1,26	8,67 $\pm$ 2,55	0,427
%VLF	36,15 $\pm$ 3,66	38,98 $\pm$ 3,55	0,597
%LF	51,12 $\pm$ 3,01	50,26 $\pm$ 3,04	0,880
%HF	12,74 $\pm$ 2,60	10,79 $\pm$ 2,91	0,496
Mo	0,68 $\pm$ 0,02	0,56 $\pm$ 0,02	0,001
AMo	45,03 $\pm$ 1,62	62,58 $\pm$ 5,74	0,008
BP	0,31 $\pm$ 0,04	0,20 $\pm$ 0,05	0,013
IBP	169,32 $\pm$ 23,82	476,69 $\pm$ 117,79	0,016
ПАПР	66,72 $\pm$ 2,16	113,63 $\pm$ 11,76	0,001
ВПР	5,40 $\pm$ 0,53	12,80 $\pm$ 2,52	0,007
ИН	124,03 $\pm$ 15,26	440,95 $\pm$ 123,73	0,004

Таблица 5

Фоновые показатели ВСР до и после тренировки у нормосимпатотоников ($M \pm m$)

Проба	Фон (n=16)		p
	до тренировки	после	
RRNN	817,5±37,42	672,38±29,86	0,009
SDNN	35,63±2,22	23,38±3,18	0,012
rMSSD	24,86±2,22	12,63±2,98	0,016
pNN50	5,18±1,71	1,07±0,79	0,021
TP	1555,1±157,43	852,38±208,33	0,016
VLF	516,38±70,10	317,25±55,93	0,021
LF	671,5±101,79	380,98±134,85	0,021
HF	367,25±58,12	154,07±65,50	0,016
LF norm	64,33±3,68	75,23±4,48	0,074
HF norm	35,68±3,68	24,78±4,48	0,074
LF/HF	2,05±0,35	6,20±3,08	0,074
%VLF	33,85±4,33	45,54±6,40	0,074
%LF	42,29±3,26	40,75±4,99	0,834
%HF	23,88±2,92	13,71±3,08	0,036
Mo	0,81±0,04	0,67±0,03	0,027
AMo	48,09±3,06	61,86±5,57	0,046
BP	0,21±0,01	0,14±0,02	0,046
ИБР	243,00±29,66	568,88±124,93	0,027
ПАПР	61,35±7,30	93,63±9,49	0,016
ВПР	6,31±0,68	13,26±2,08	0,016
ИН	158,00±30,02	438,00±99,48	0,024

Таблица 7

Проба	Ортопроба (n=16)		p
	до тренировки	после	
RRNN	673,38±39,20	559,9±20,28	0,001
SDNN	42,38±5,86	27,1±3,60	0,003
rMSSD	17,38±2,87	11,6±2,76	0,010
pNN50	2,31±0,99	0,43±0,18	0,005
TP	2840,3±640,70	1359,9±323,12	0,007
VLF	1499,6±373,65	525,6±128,95	0,013
LF	1042,5±266,55	667,6±177,40	0,005
HF	297,93±81,21	166,57±67,96	0,019
LF norm	78,79±2,89	83,18±3,80	0,427
HF norm	21,21±2,89	16,82±3,80	0,427
LF/HF	4,19±0,54	8,67±2,55	0,427
%VLF	51,00±3,45	38,98±3,55	0,597
%LF	38,89±3,46	50,26±3,04	0,880
%HF	10,10±1,17	10,79±2,91	0,496
Mo	0,67±0,04	0,56±0,02	0,001
AMo	46,69±5,05	62,58±5,74	0,008
BP	0,25±0,04	0,20±0,05	0,013
ИБР	236,76±54,79	476,69±117,79	0,016
ПАПР	73,04±10,37	113,63±11,76	0,001
ВПР	7,35±1,31	12,80±2,52	0,007
ИН	190,15±49,65	440,95±123,73	0,004

тической (уменьшение HF, $p=0,016$). При этом долевые вклады VLF и LF достоверно не изменяются (табл.5). Долевой вклад VLF и LF еще до тренировки был больше, чем HF, что указывает на напряжение регуляторных механизмов.

У пауэрлифтеров с нормосимпатикотоническим типом вегетативной регуляции в ответ на ортостатическую пробу до тренировки временные показатели (SDNN, rMSSD, AMo, ИН) достоверно не изменяются (табл.6), что

($p = 0,013$), снижение мощности LF ($p = 0,005$), существенное снижение общей мощности спектра TP ($p = 0,007$) (табл.7). Высокое напряжение регуляторных механизмов до тренировки, низкая реактивность автономной нервной системы, высокая централизация в управлении сердечным ритмом указывают на низкие функциональные возможности организма пауэрлифтеров с данным типом вегетативной регуляции.

Заключение. Наиболее информ-

Таблица 6

Показатели ВСР при выполнении ортостатической пробы до тренировки у нормосимпатотоников ($M \pm m$)

Проба	До тренировки (n=16)		p
	фон	ортопроба	
RRNN	817,50±37,42	673,38±39,20	0,036
SDNN	35,63±2,22	42,38±5,86	0,430
rMSSD	24,86±2,22	17,38±2,87	0,092
pNN50	5,18±1,71	2,31±0,99	0,206
TP	1555,1±157,43	2840,3±640,70	0,208
VLF	516,38±70,10	1499,6±373,65	0,046
LF	671,5±101,79	1042,5±266,55	0,294
HF	367,25±58,12	297,93±81,21	0,345
LF norm	64,33±3,68	78,79±2,89	0,009
HF norm	35,68±3,68	21,21±2,89	0,009
LF/HF	2,05±0,35	4,19±0,54	0,009
%VLF	33,85±4,33	51,00±3,45	0,021
%LF	42,29±3,26	38,89±3,46	0,345
%HF	23,88±2,92	10,10±1,17	0,005
Mo	0,81±0,04	0,67±0,04	0,027
AMo	48,09±3,06	46,69±5,05	0,875
BP	0,21±0,01	0,25±0,04	0,430
ИБР	243,00±29,66	236,76±54,79	0,401
ПАПР	61,35±7,30	73,04±10,37	0,208
ВПР	6,31±0,68	7,35±1,31	0,674
ИН	158,00±30,02	190,15±49,65	0,916

свидетельствует о низкой реактивности автономной нервной системы. В то же время отмечается увеличение VLF домена ($p=0,021$), что указывает на подключение центрального отдела для регуляции СР.

Сравнение показателей ВСР ортостатического воздействия до и после показало следующее. Характерны выраженное уменьшение мощности VLF

мативным методом изучения регуляторных систем организма человека в настоящее время является анализ вариабельности сердечного ритма. Проведение ортостатической пробы до тренировки позволяет определить функциональное состояние спортсменов, а после тренировки – оценить адаптационные возможности организма. Напряженность и выраженность реакции регуляторных систем у пауэрлифтеров определяются исходным вегетативным тонусом.

Литература

1. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения / В.М. Михайлов. – Иваново: ИвГМА, 2002. – 290 с.
Mikhailov V.M. Variability of the rhythm of the heart: experience of practical application / V.M. Mikhailov. – Ivanovo: IvGMA, 2002. – 290 p.
2. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск: УдГУ, 2009. – 259 с.
Shlyk N.I. Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes / N.I. Shlyk. – Izhevsk: UdGU, 2009. – 259 p.
3. Шлык Н.И. Анализ вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе у спортсменов с разными преобладающими типами вегетативной регуляции в тренировочном процессе / Н.И. Шлык // Материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием. – Ижевск, 2011. – С. 348–369.
Shlyk N.I. Analysis of heart rate variability in orthostatic test in athletes with different predominant types of vegetative regulation in the training process / N.I. Shlyk // Materials of the V Russian Symposium with international participation. – Izhevsk, 2011. – P. 348–369.