

УДК 796.422.14.015.31:612.13/17

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ БЕГУНОВ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ НА ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ

© А.В. Калашников, А.Н. Тамбовский

Ключевые слова: функциональное состояние; вариабельность сердечного ритма; бегуны на средние дистанции; сердечно-сосудистая система; тренировочная нагрузка. На основании метода кардиоинтервалометрии представлены изменения показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции, на предсоревновательном этапе их подготовки. Конкретизированы направленности изменений данных показателей, проанализированы их относительные и абсолютные значения. Показана возможность использования конкретного варианта аппаратно-программного комплекса «Варикард» на предсоревновательном этапе подготовки бегунов на средние дистанции для оценки функциональных сдвигов, происходящих в их организме, как ответных реакций на выполняемую нагрузку. В итоге полученные результаты могут служить информативными ориентирами для возможной корректировки тренировочных нагрузок легкоатлетов.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в циклических видах спорта, в т. ч. и в беге на средние дистанции, для объективизации влияния на организм спортсмена тренировочных нагрузок широкое распространение получили технические средства, позволяющие на основании регистрации целой группы желаемых показателей дать тренеру достаточно полную (и, что очень важно – объективную) информацию для оценки состояния спортсмена. Одними из наиболее значимых, информативных показателей, используемых в физкультурно-спортивной практике, являются показатели функционального состояния, в частности, сердечно-сосудистой системы, которые можно регистрировать методом кардиоинтервалометрии, что, в конечном счете, позволяет оперировать показателями вариабельности сердечного ритма.

Вместе с тем на сегодняшний день нерешенным является вопрос адаптации данных технических средств и регистрируемых с их помощью результатов для процесса подготовки спортсменов в конкретном виде спорта, что делает неоднозначным понимание получаемых данных и, как следствие, возникают сложности по их практическому применению. Другими словами, ощущается дефицит необходимых методик, позволяющих на основе объективной оценки функционального состояния спортсмена, обоснованно и целенаправленно корректировать его тренировочный процесс. Учитывая такое положение, в нашей работе делается попытка уточнить особенности изменения показателей вариабельности сердечного ритма спортсменов, занимающихся бегом на средние дистанции.

В результате **целью** исследования стало выяснение динамики показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) бегунов на средние дистанции на предсоревновательном этапе.

Исходя из обозначенной цели исследования, были поставлены следующие **задачи**:

1) определить методом кардиоинтервалометрии абсолютные и относительные изменения показателей

сердечно-сосудистой системы у бегунов на средние дистанции на предсоревновательном этапе;

2) проанализировать изменения показателей вариабельности сердечного ритма у бегунов на средние дистанции на предсоревновательном этапе.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняло участие 30 спортсменов (кандидатов в мастера спорта) в возрасте от 18 до 27 лет (средний возраст составлял $22,5 \pm 4,5$ года), занимающихся бегом на средние дистанции. Испытуемые находились на учебно-тренировочном сборе в течение 14 дней на высоте 1100 м над уровнем моря. Тренировочная программа строилась в соответствии с предсоревновательным периодом и квалификацией спортсменов. Общий объем нагрузки, предусмотренный тренировочным планом за данный период времени, составил 199 км. Из них 10 % от общего объема выполнялась нагрузка, имевшая скоростно-силовой характер при ЧСС 160–195 уд./мин. При этом 90 % нагрузки при ЧСС 145–160 уд./мин. носили комбинированный характер, а сама нагрузка была направлена на развитие выносливости. Для оценки состояния параметров сердечно-сосудистой системы был использован метод кардиоинтервалометрии, реализованный при помощи аппаратно-программного комплекса (АПК) «Варикард 2.51». Регистрация необходимых показателей производилась согласно методике использования данного АПК. Для анализа брались результаты показателей ВСР спортсменов, зарегистрированные в начале и конце учебно-тренировочного сбора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведенных исследований нами были оценены изменения показателей ВСР у бегунов на средние дистанции после первого дня отдыха в начале и в конце учебно-тренировочного сбора предсоревновательного этапа. Для качественной оценки получен-

ных данных нами первоначально были рассмотрены их абсолютные изменения. Однако, по мнению ряда авторов [1–3], данная форма не всегда удобна и информативна, поэтому нами так же рассчитывались и относительные изменения показателей variability сердечного ритма. Для удобства анализа выявленных изменений показатели были распределены нами на 2 группы: для первой характерны положительные изменения, для второй – отрицательные.

В итоге в табл. 1 представлены показатели ВСП бегунов на средние дистанции, изменения которых имели положительную тенденцию в ходе учебно-тренировочного сбора.

Перед обсуждением результатов необходимо отметить, что мы понимали, что положительное изменение показателей не всегда хорошо для спортсмена. То же самое нужно сказать и в отношении отрицательной динамики регистрируемых показателей.

Из табл. 1 видно, что относительные изменения моды (Mo), характеризующей наиболее вероятный уровень функционирования сердечно-сосудистой системы [2], увеличились всего на 6,4 %, что дает основания говорить об адекватности восприятия спортсменами предлагаемой им нагрузки [4].

Одновременно с этим небольшое увеличение абсолютных значений амплитуды моды (AMo) – на 13,3 мс указывало на довольно хороший уровень функционирования сердечно-сосудистой системы легкоатлетов [3].

Индекс напряжения (SI) вырос также очень незначительно – всего на 24,1 у. е. По мнению А.А. Василенко, такие изменения связаны с вегетативной регуляцией у данного контингента занимающихся [5]. Однако относительные изменения этого показателя увеличились на 97 %, что указывало на близость выполняемой нагрузки уже к соревновательной [4].

Индекс централизации (IC) сердечного ритма в начале сбора характеризовался оптимальным функционированием сердечно-сосудистой системы, преоблада-

нием автономного контура регуляции. Однако в конце сбора стало преобладать центральное регулирование, что выразилось в более напряженной работе регуляторных систем [2].

При оценке изменений отношений волн различных спектров (LF/HF, VLF/HF) мы столкнулись с неоднозначной динамикой данных показателей, и соответственно, с неоднозначной интерпретацией таких процессов.

Группа показателей ВСП бегунов, имеющая тенденцию к снижению, представлена в табл. 2.

Как видно из табл. 2, частота пульса (HR) как в начале, так и в конце сбора составляла 56 уд./мин.

Отношение Mx/Mn значений длительности R–R интервалов снизилось на 12,4 %, данное изменение так же свидетельствовало об улучшении экономичности работы сердечно-сосудистой системы [3].

Изменение среднеквадратичного отклонения (SDNN), числа пар RR-интервалов (pNN50) имело общую динамику к снижению, что указывало на усиление активности симпатического звена вегетативной регуляции [2, 6–8].

Снижение коэффициента вариации (CV), представляющего собой нормированную характеристику регулирования сердечно-сосудистой системы, на 33,5 % говорило о повышенной работе симпатического отдела нервной системы [4].

Изначально были зарегистрированы очень высокие показатели такого параметра, как дисперсия (D) – $15126,3 \pm 988,2 \text{ мс}^2$. Однако его относительное снижение было довольно существенным – на 58,1 %, что дало основание судить о более экономичной работе сердечно-сосудистой системы у легкоатлетов [4].

Изменения в сторону уменьшения на 55,8 % показателя суммарной мощности спектра (TP), характеризующего активность регуляторных систем организма применительно к нагрузкам [4], указали на то, что организм спортсменов находился в хорошем тонусе [5].

Таблица 1

Положительные изменения показателей variability сердечного ритма у бегунов на средние дистанции в ходе учебно-тренировочного сбора

№ п/п	Показатели	Начало сбора	Конец сбора	Абсолютное изменение	Относительное изменение, %
1	Мода (Mo), мс	1009,0 ± 164,8	1073,3 ± 142,9	64,3	6,4
2	Минимальное значение RR (Mn), мс	832,3 ± 89,7	877,0 ± 81,5	44,7	5,4
3	Индекс напряжения (SI), у. е.	24,9 ± 7,9	49,0 ± 12,1	24,1	97,0
4	Амплитуда моды (AMo50), мс	21,2 ± 7,8	34,5 ± 8,8	13,3	62,5
5	Среднее значение длительности (Mean RR), мс	1063,8 ± 129,2	1070,6 ± 97,3	13,3	1,2
6	Период макс. спектра ULF (TULF), с	120,8 ± 22,1	133,5 ± 18,5	12,7	10,5
7	Мощность LF (PLF), %	26,3 ± 4,6	36,2 ± 7,6	9,9	37,7
8	Амплитуда моды (AMo SDNN), %/SDNN	38,0 ± 3,4	46,3 ± 8,3	8,3	21,8
9	Мощность VLF (PVLF), %	14,3 ± 4,6	22,2 ± 5,0	7,9	55,5
10	Период макс. спектра LF (TLF), с	10,5 ± 2,0	13,8 ± 3,8	3,3	32,0
11	Амплитуда моды (AMo7.8, %/), мс	5,5 ± 1,1	8,7 ± 2,9	3,2	58,5
12	Индекс централизации (IC) (VLF + LF)/HF	0,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,4	197,4
13	Отношение LF/HF	0,5 ± 0,2	1,2 ± 0,3	0,6	174,5
14	Отношение VLF/HF	0,2 ± 0,1	0,8 ± 0,2	0,6	241,1
15	Показатель авт. функции (CC1)	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,2	-0,1	6,0

Отрицательные изменения показателей variability сердечного ритма у бегунов на средние дистанции в ходе учебно-тренировочного сбора

№ п/п	Показатели	Начало сбора	Конец сбора	Абсолютное изменение	Относительное изменение, %
1	Отношение Mx/Mn (MxRMn), мс	1,6 ± 0,3	1,4 ± 0,2	-0,2	-12,4
2	Частота пульса (HR), уд./мин.	56,9 ± 6,5	56,3 ± 5,8	-0,6	-1,1
3	Период макс. спектра HF (THF), с	5,0 ± 0,9	4,2 ± 0,9	-0,8	-15,5
4	Число аритмий (NArr), %	1,9 ± 0,3	0,6 ± 0,2	-1,3	-69,7
5	Показатель авт. функции (CC0)	11,0 ± 2,5	7,8 ± 1,2	-3,1	-28,6
6	Коэффициент вариации (CV), %	11,0 ± 3,0	7,3 ± 1,8	-3,7	-33,5
7	Период макс. спектра VLF, (TVLF), с	59,2 ± 11,8	53,7 ± 9,0	-5,5	-9,3
8	Мощность HF (PHF), %	59,4 ± 9,9	41,5 ± 4,2	-17,9	-30,1
9	Число пар RR-интервалов (pNN50), %	60,6 ± 9,6	37,4 ± 5,4	-23,2	-38,2
10	Среднеквадратичное отклонение (RMSSD), мс	111,5 ± 18,6	74,6 ± 23,2	-36,9	-33,1
11	Среднеквадратичное отклонение (SDNN), мс	115,9 ± 34,1	77,9 ± 18,6	-38,0	-32,8
12	Макс. низкочастотная сост. (LFmx), мс ² /Гц	130,4 ± 26,6	58,1 ± 15,4	-72,3	-55,5
13	Макс. высокочастотная сост. (HFmx), мс ² /Гц	137,7 ± 16,9	52,5 ± 17,1	-85,1	-61,9
14	Макс. значение RR (Mx), мс	1350,1 ± 118,7	1248,3 ± 88,2	-101,8	-7,5
15	Макс. сверхнизкочаст. сост. (VLFmx), мс ² /Гц	243,9 ± 30,0	127,1 ± 25,2	-116,8	-47,9
16	Разность Mx-Mn (MxDMn), мс	517,7 ± 70,0	371,2 ± 36,6	-146,5	-28,3
17	Сверхнизкочастотная мощность (VLF), мс ²	901,1 ± 71,8	709,2 ± 55,8	-191,9	-21,3
18	Макс. ультранизкочаст. сост. (ULFmx), мс ² /Гц	537,5 ± 24,6	212,1 ± 34,4	-325,3	-60,5
19	Низкочастотная мощность (LF), мс ²	2633,3 ± 203,1	1221,7 ± 293,7	-1411,6	-53,6
20	Ультранизкочастотная мощность (ULF), мс ²	2696,3 ± 345,6	1255,5 ± 161,4	-1440,8	-53,4
21	Высокочастотная мощность (HF), мс ²	4751,7 ± 293,3	1672,6 ± 170,1	-3079,1	-64,8
22	Суммарная мощность спектра (TP), мс ²	10982,3 ± 1226,1	4859,0 ± 606,7	-6123,3	-55,8
23	Дисперсия (D), мс ²	15126,3 ± 988,2	6333,0 ± 789,5	-8793,3	-58,1
24	ПАРС	6,3 ± 1,5	4,3 ± 1,2	-2,1	-32,9

К аналогичному выводу можно прийти, анализируя изменения сразу двух показателей: (HF) – высокочастотную часть спектра на 64,8 %, и (LF) – низкочастотную часть спектра на 53,6 %.

Изменения VLF (очень низких частот сердечного ритма) и ULF (ультранизких частот) оказались очень близкими по значениям и привели к выводу, что в организме бегунов преобладал умеренный уровень гуморальной регуляции и метаболических процессов [3].

Важный (ввиду его интегративности) показатель активности регуляторных систем (ПАРС), характеризующий состояние напряжения организма спортсмена, к концу сбора снизился на 2,1 у. е., что позволило судить об умеренном напряжении систем организма и, как следствие, о снижении адаптационных механизмов у данного контингента спортсменов [2].

Стоит отметить, что представленные выше динамики спектральных показателей: максимальная составляющая спектра, мощность спектра и период спектра – еще не изучены должным образом в процессе тренировочной деятельности, как следствие, пока трудно говорить о ее конкретной интерпретации.

ВЫВОДЫ

1. Высокий уровень нагрузки, как физической, так и психологической, характерной для предсоревновательного этапа, оказывает большое воздействие на организм спортсменов, занимающихся бегом на средние дистанции. Количественная оценка направленности изменений, представленная в нашем исследовании, показала, что наиболее информативными показателями ВСП выступили: индекс напряжения (SI), индекс централизации (IC), число последовательных пар RR-интервалов (pNN50), среднеквадратичное отклонение (SDNN), дисперсия (D), суммарная мощность спектра (TP), мода (Mo), амплитуда моды (AMo), отношение Mx/Mn, ПАРС.

2. Анализ изменений таких показателей, как Mo, D, отношение Mx/Mn, ПАРС показал, что организм данного контингента спортсменов быстро адаптируется к выполняемой нагрузке. Однако динамика SI, IC, pNN50, SDNN, TP показателей дала основания полагать, что у бегунов наблюдается преобладание влияния тонуса симпатического отдела вегетативной нервной

системы. Следовательно, происходит напряжение регуляторных механизмов в результате повышения их активности. Данные изменения характерны для исследуемого этапа, и они позволили выполнить тренировочный план бегунами в полном объеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 195 с.
2. Семенов Ю.Н., Баевский Р.М. Аппаратно-программный комплекс «Варикард» для оценки функционального состояния организма по результатам математического анализа вариабельности сердечного ритма. Ижевск, 1996. С. 160-162.
3. Сидоренко Т.А. Повышение физических и функциональных показателей занимающихся физической культурой и спортом посредством физиотерапевтических воздействий: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Малаховка, 2008. С. 72-85.
4. Кубеев А.В., Савенкова Е.А. Использование реакции сердечно-сосудистой системы на использование различных циклических средств подготовки высококвалифицированных лыжниц-гонщиц в подготовительный период // Теория и практика физической культуры. 2005. № 11. С. 35-36.
5. Василенко А.А. Контроль и коррекция нагрузки силового характера на основе оценки параметров вариабельности сердечного ритма спортсменов: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Малаховка, 2011. С. 4-36.
6. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптивных возможностей и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 235 с.

7. Булатецкий С.В., Бяловский Ю.Ю. Некоторые аспекты анализа вариабельности сердечного ритма в изучении адаптивных процессов у спортсменов // Вестник новых медицинских технологий. 2000. Т. 7. С. 129-132.
8. Тамбовский А.Н., Сидоренко Т.А. Влияние магнито-лазерного воздействия на показатели функционального состояния студентов, занимающихся физической культурой // Теория и практика физической культуры. 2007. № 4. С. 63-65.

Поступила в редакцию 3 ноября 2013 г.

Kalashnikov A.V., Tambovskiy A.N. CHANGE OF PARAMETERS OF CARDIO-VASCULAR SYSTEM OF MIDDLE-DISTANCE RUNNERS AT PRE-COMPETITION STAGE

On the basis of the method of "Cardiointervalmetry" the changes of the parameters of heart rate variability (HRV) of middle-distance runners at the pre-competition stage are presented. The direction of the changes of these parameters is concretized; the relative and absolute values of the parameters are analyzed. The possibility of using the hardware-software complex "Varicard" at the middle-distance runners' pre-competition stage is presented. This complex is used to assess functional changes in the body of a sportsman in response to the proposed load. Finally, the given results can be an informative guideline for possible correction of the training loads for sportsmen.

Key words: functional state; heart rate variability; middle-distance runners; cardiovascular system; training load.