

Динамика вегетативных реакций в процессе тренировки у спортсменов силовых и игровых видов спорта

Крылова И.Ф., Куликов В.Ю., Пиковская Н.Б., Коленчиди Т.В., Поветьев И.И.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России

Strength and games-based sports athletes' vegetative reaction dynamics during the training process

Krylova I.F., Kulikov V.Yu., Pikovskaya N.B., Kolenchidi T.V., Povet'ev I.I.

Novosibirsk State Medical University

АННОТАЦИЯ

Проведена сравнительная оценка динамики вегетативной регуляции в процессе тренировки и восстановления у спортсменов игровых (волейбол, теннис — 38 чел.) и силовых (джиу-джитсу, карате — 42 чел.) видов спорта. Возраст участников исследования — 18–25 лет. Установлено, что при сходных для обеих групп изменениях регуляции ритма сердца у спортсменов игровых видов спорта снижение центральных влияний на ритм сердца выражено в значительно меньшей степени. Восстановление регуляторных влияний на сердце обеспечивается изменением того фактора, который был основным в обеспечении ритма сердца во время тренировки: у спортсменов игровых видов спорта — за счет активации парасимпатических механизмов, у спортсменов силовых видов спорта — за счет восстановления надсегментарных, реализуемых через симпатические центры, влияний.

Ключевые слова: сердечный цикл, регуляция, вегетативная нервная система, кардиоинтервалография.

ABSTRACT

A comparative analysis of the dynamics of autonomic regulation in the process of training and recovery period in athletes of games-based (volleyball and tennis — 38 individuals) and strength (jiu-jitsu and karate — 42 individuals) sports was carried out. The age of the study participants was 18–25 years. It was found that with similar changes for both groups in the regulation of the heart rate the decrease in the central nervous system influence on cardiac rate in games-based sportsmen is less prominent. Restoration of the regulatory influences on the heart is provided by changing the factor that was the main one in ensuring the heart rhythm during training: in games-based sports athletes due to parasympathetic mechanisms activation; in strength sports athletes — by restoring suprasegmental influences implemented through sympathetic centers.

Keywords: cardiac cycle, regulation, autonomic nervous system, cardiointervalography.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение динамики вегетативных изменений у спортсменов во время тренировки преследует как минимум две цели: оптимизация тренировочного процесса с учетом предстартового состояния и особенностей вработывания и сохранение здоровья у спортсменов высокого уровня.

INTRODUCTION

The study of strength and games-based sports athletes' vegetative changes during the training process has at least two aims: training process optimization taking into account readiness for action and warming up peculiarities, as well as the health maintenance of high-level athletes. In our opinion,

Поступила 25.02.2020
Принята 28.03.2020

*Автор, ответственный за переписку
Пиковская Наталья Борисовна: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.
E-mail: picov09@rambler.ru

Received 25.02.2020
Accepted 28.03.2020

*Corresponding author
Pikovskaya Natalya Borisovna: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: picov09@rambler.ru

Анализ динамики вегетативных реакций должен, на наш взгляд, проводиться с учетом двух положений: во-первых, реакция на начало процесса тренировки является стандартной реакцией организма, протекающей по принципу возмущения, с активацией симпатической части вегетативной нервной системы, увеличением силы и частоты сердечных сокращений, перераспределением кровотока и расходом энергетических запасов; во-вторых, реакция зависит, помимо индивидуальных возрастных и гендерных особенностей, еще и от специфики и типа физической активности. В зависимости от этого фактора в России все виды спорта разделены на циклические; скоростно-силовые; игровые; единоборства; сложно-координационные. Исходя из этого, отличаются методы обследования и требования, предъявляемые к спортсмену.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение динамики вегетативного обеспечения тренировочного процесса у спортсменов силовых и игровых видов спорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие две группы юношей — спортсменов игровых и силовых видов спорта. Игровые виды спорта представлены волейболистами и теннисистами (38 чел.), силовые — борцами джиу-джитсу и каратистами (42 чел.). Возраст спортсменов от 18 до 25 лет, все участники обследования являются перворазрядниками или мастерами спорта. У всех обследованных получено согласие на проведение исследования.

Для оценки вегетативного статуса использован метод кардиоинтервалографии [1–4]. Запись кардиоинтервалограммы выполняли с использованием аппаратно-программного комплекса фирмы «Нейрософт» (г. Иваново, Россия), позволяющего записывать и проводить автоматическую обработку данных вариабельности сердечного ритма (ВСР) на персональном компьютере. Программа формирует детальную таблицу амплитудно-временных характеристик анализируемого кардиокомплекса. Запись кардиоинтервалограммы проводилась 5 раз: перед тренировкой, после разминки, после максимальной нагрузки и через 15 и 30 мин отдыха. Полученные данные обработаны с помощью программы STATISTICA 7.0. Результаты представлены в виде «среднее арифметическое $\pm$ ошибка среднего» ($M \pm m$).

При спектральном анализе ВСР важное значение имеет объем анализируемой выборки. При коротких записях (5 мин) выделяют четыре глав-

the analysis of vegetative regulation dynamics should be held taking into account two important factors. Firstly, reaction on training process beginning is a usual excitation reaction with stimulation of sympathetic part of autonomic nervous system, increase in strength and rate of heart contractions, blood flow redistribution and energy expenditure rise. Secondly, apart from individual, age and gender characteristics, the reaction depends on the specificity and type of physical activity. Considering this factor in Russia all sports are divided into several groups: cyclical; speed-power; games-based; martial arts; and complex coordination sports. On this basis the examination methods and claims to athletes differ.

AIM OF THE RESEARCH

The study of strength and games-based sports athletes' vegetative dynamics during the training process.

MATERIALS AND METHODS

Two groups of young men participated in the study: athletes of strength and games-based sports. Games-based sports were represented by volleyball and tennis players (38 individuals), strength sports by jiu-jitsu wrestlers and karatekas (42 individuals). The participants age was from 18 to 25 years, all participants were first-class sportsmen or masters of sports. All participants gave their consent to the study.

To assess vegetative status the cardiointervalography method was used [1–4]. The cardiointervalogram recording was carried out with Neurosoft hardware and software complex (Ivanovo, Russia), which allows recording and automatic processing of heart rate variability (HRV) data on a personal computer. The software generates a detailed table of the amplitude-time characteristics of the analyzed cardiocomplex. The cardiointervalogram was recorded 5 times: before training, after warming up, after maximum training load, and after 15 and 30 min of rest. The collected data were processed using STATISTICA 7.0 software. The results are presented as the arithmetic mean $\pm$ error of the mean ($M \pm m$).

In the spectral analysis of HRV the size of analyzed sample is of great importance. With short recordings (5 min), four main spectral components are distinguished. These components correspond to the ranges of respiratory waves and slow waves of the 1st and 2nd order: TP (total power) — total power of the

ных спектральных компоненты. Эти компоненты соответствуют диапазонам дыхательных волн и медленных волн 1-го и 2-го порядка: TP (total power) — общая мощность спектра в диапазоне частот ≤ 0.4 Гц; HF (high frequency) — мощность в диапазоне высоких (0.15–0.4 Гц) частот (волны длительностью 2.5–6.5 с); LF (low frequency) — мощность в диапазоне низких (0.04–0.15 Гц) частот (волны длительностью 6.5–25 с); VLF (very low frequency) — мощность в диапазоне очень низких частот (≤ 0.04 Гц) волны длительностью более 25 с).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ параметров кардиоинтервалограмм у спортсменов игровых и силовых видов спорта в процессе тренировки представлен в табл. 1–4.

В исходном состоянии параметры гемодинамики и кардиоинтервалографии не отличаются в обследованных группах, за исключением величин общей мощности спектра регуляции (TP) и высокочастотной (HF) компоненты спектра. Общая мощность спектра регуляции и величина высокочастотной компоненты достоверно и значительно выше у спортсменов игровых видов спорта. Высокие значения TP могут быть отражением предстартового состояния у всех спортсменов, которое характеризуется возникновением перед соревнованием или тренировкой образа предстоящего действия и иррадиацией двигательного возбуждения с моторной зоны коры на другие нервные центры [5]. Следует, вероятно, учитывать и психосоматические особенности спортсменов,

spectrum in the frequency range ≤ 0.4 Hz; HF (high frequency) power in the range of high frequencies (0.15–0.4 Hz) (waves with a duration of 2.5–6.5 s); LF (low frequency) power in the range of low frequencies (0.04–0.15 Hz), waves with a duration 6.5–25 s; VLF (very low frequency) power in the range of very low frequencies (≤ 0.04 Hz), waves with a duration of more than 25 s.

RESULTS AND DISCUSSION

The comparative analysis of strength and games-based sports athletes' cardiointervalography data during training process is represented in Tables 1–4.

In the pre-exercise state the hemodynamics and cardiointervalography parameters of examined groups do not differ, with the exception of the values of the total power (TP) of regulation spectrum and high frequency (HF) spectrum component. The total power of the regulation spectrum and the value of the high frequency component are reliably and significantly higher in games-based sports athletes. High TP values can be a reflection of the pre-start state in all sportsmen which is characterized by the appearance of an image of the forthcoming action before a competition or training, and motor activation irradiation from cerebral cortex motor zone to other nerve centers [5]. It is probably necessary to take into account the psychosomatic characteristics of athletes who have chosen playing sports, and the fact that they have much larger amount of afferent information involved in the game: in addi-

Таблица 1. Параметры кардиоинтервалограммы у спортсменов игровых и силовых видов спорта в покое и после разминки

Table 1. Strength and games-based sports athletes' cardiointervalography data before training and after warming up

Показатель Parameter	До нагрузки Before training (1)	После разминки After warming up (2)	Изме- нение, % Change, %	До нагрузки Before training (1)	После разминки After warming up (2)	Изме- нение, % Change, %
	Игровые / Games-based			Силовые / Strength		
ЧСС, уд. в 1 мин HR, b/min	74.6 $\pm$ 1.8	96.1 $\pm$ 2.5	29* $\uparrow$	76.5 $\pm$ 2.0	103.2 $\pm$ 2.3	35* $\uparrow$
TP, мс ² (ms ²)	5493.6 $\pm$ 908.8	2002.2 $\pm$ 364.5	63* $\downarrow$	3478.6 $\pm$ 356.4	964.6 $\pm$ 150.7	72* $\downarrow$
HF, мс ² (ms ²)	2809.0 $\pm$ 571.1	820.1 $\pm$ 190	70* $\downarrow$	928.7 $\pm$ 118.7	275.8 $\pm$ 58.4	60* $\downarrow$
LF, мс ² (ms ²)	1689.730 $\pm$ 291.8	432.9 $\pm$ 65.6	74* $\downarrow$	1302.7 $\pm$ 147.8	282.3 $\pm$ 56.6	78* $\downarrow$
VLF, мс ² (ms ²)	1300.8 $\pm$ 321.6	751.2 $\pm$ 157.2	42 $\downarrow$	1223.3 $\pm$ 186.5	406.5 $\pm$ 71.8	66* $\downarrow$
HF, %	42.6 $\pm$ 2.8	32.1 $\pm$ 3.4	23* $\downarrow$	28.0 $\pm$ 2.3	24.0 $\pm$ 3.2	11 $\downarrow$
LF, %	32.9 $\pm$ 2.0	29.1 $\pm$ 4.5	9 $\downarrow$	38.5 $\pm$ 2.4	27.4 $\pm$ 2.7	28* $\downarrow$
VLF, %	24.3 $\pm$ 2.9	43.2 $\pm$ 3.4	79* $\uparrow$	33.4 $\pm$ 2.6	48.5 $\pm$ 4.4	45* $\uparrow$

Примечание. В табл. 1–4 ЧСС — число сердечных сокращений; * различия достоверны ($p < 0.05$); $\uparrow$ — увеличение параметра; $\downarrow$ — снижение параметра.

Note. In Table 1–4 HR — heart rate; b/min — beats per 1 min; * statistically significant differences ($p < 0.05$); $\uparrow$ — increase; $\downarrow$ — decrease.

Таблица 2. Параметры кардиоинтервалограммы у спортсменов игровых и силовых видов спорта после разминки и нагрузки**Table 2.** Strength and games-based sports athletes' cardiointervalography data after warming up and training

Показатель Parameter	После разминки After warming up (2)	После нагрузки After training (3)	Изменение, % Change, %	После разминки After warming up (2)	После нагрузки After training (3)	Изменение, % Change, %
	Игровые / Games-based			Силовые / Strength		
ЧСС, уд. в 1 мин HR, b/min	96.1 ± 2.5	104.8 ± 2.2	8.3* ↑	103.2 ± 2.3	118.8 ± 1.9	15* ↑
TP, мс ² (ms ²)	2002.2 ± 364.5	1775.1 ± 481.1	11 ↓	964.6 ± 150.7	474.6 ± 61.4	50* ↓
HF, мс ² (ms ²)	820.1 ± 190	607.7 ± 205.1	25 ↓	275.8 ± 58.4	126.4 ± 33.1	54* ↑
LF, мс ² (ms ²)	432.9 ± 65.6	668.7 ± 177	54 ↓	282.3 ± 56.6	95.0 ± 16.5	66* ↓
VLF, мс ² (ms ²)	751.2 ± 157.2	668.7 ± 177	11 ↓	406.5 ± 71.8	253.1 ± 47.0	37 ↓
HF, %	32.1 ± 3.4	29.9 ± 3.1	9.6 ↓	24.0 ± 3.2	24.1 ± 4.2	0
LF, %	29.1 ± 4.5	23.9 ± 2.6	20 ↓	27.4 ± 2.7	22.8 ± 3.0	13 ↓
VLF, %	43.2 ± 3.4	48.4 ± 4.1	11 ↑	48.5 ± 4.4	52.9 ± 4.5	8.3 ↑

выбравших игровые виды спорта, и то, что у них в процессе игры задействован значительно больший объем афферентной информации: в дополнение к проприорецепторам еще и зрительная, и вестибулярная. Большой вклад в регуляцию и абсолютные значения высокочастотной компоненты спектра у спортсменов игровых видов спорта может свидетельствовать о высокой возбудимости центров продолговатого мозга, поскольку этот показатель является отражением мощности дыхательных волн в абсолютных и относительных (в % от суммарной мощности спектра) величинах. Вегетативная активность — основная составляющая высокочастотной компоненты спектра.

Разминка у всех спортсменов приводит к значительному, до 70 % от исходного уровня, сниже-

нию проприорецепторов they get visual and vestibular information. A greater contribution to the regulation and absolute values of the high frequency spectrum component in playing sports athletes, may indicate a high excitability of medulla oblongata centers since this parameter reflects the power of respiratory waves in the absolute and relative values (% of the total power of the spectrum). Vagal activity is the main part of the high frequency component of spectrum.

Warming up for all athletes leads to a significant, up to 70% from initial level, decrease in the total power of the spectrum and, accordingly, all its components. At the same time, in strength sports athletes, the values of the low frequency and very low frequency components reliably and significant-

Таблица 3. Параметры кардиоинтервалограммы у спортсменов игровых и силовых видов спорта после нагрузки и отдыха**Table 3.** Strength and games-based sports athletes' cardiointervalography data after training and recovering

Показатель Parameter	После нагрузки After training (3)	После отдыха After recovering (4)	Изменение, % Change, %	После нагрузки After training (3)	После отдыха After recovering (4)	Изменение, % Change, %
	Игровые / Games-based			Силовые / Strength		
ЧСС, уд. в 1 мин HR, b/min	104.8 ± 2.2	88.1 ± 2.2	15* ↓	118.8 ± 1.9	98.6 ± 1.8	17* ↓
TP, мс ² (ms ²)	1775.1 ± 481.1	3404.7 ± 606.4	91* ↑	474.6 ± 61.4	923.175 ± 156.1	48* ↑
HF, мс ² (ms ²)	607.7 ± 205.1	1402.4 ± 274.2	130* ↑	126.4 ± 33.1	226.4 ± 98.5	79* ↑
LF, мс ² (ms ²)	668.7 ± 177	1214.809 ± 261.17	81* ↑	95.0 ± 16.5	463.4 ± 98.5	384* ↑
VLF, мс ² (ms ²)	668.7 ± 177	782.1 ± 137.5	17 ↑	253.1 ± 47.0	230.1 ± 33.1	9 ↓
HF, %	29.9 ± 3.1	39.7 ± 3.1	34* ↑	24.1 ± 4.2	27.1 ± 2.8	12.5 ↑
LF, %	23.9 ± 2.6	33.6 ± 2.3	43* ↑	22.8 ± 3.0	44.5 ± 3.1	100* ↑
VLF, %	48.4 ± 4.1	26.6 ± 2.6	45* ↓	52.9 ± 4.5	28.2 ± 2.7	46* ↓

нию общей мощности спектра и соответственно всех его компонентов. При этом у спортсменов силовых видов существенно и достоверно снижается значение низкочастотной и очень низкочастотной компонент спектра, параллельно с незначительным увеличением относительного вклада очень низкочастотной компоненты. У спортсменов игровых видов выраженность этих изменений значительно меньше, однако происходит снижение мощности высокочастотной компоненты и умеренное, но достоверное снижение ее вклада в регуляцию ритма сердца. Таким образом, начало тренировочного процесса характеризуется снижением вегетативной регуляции ритма сердца. Параллельное снижение абсолютных значений очень низкочастотной компоненты спектра у всех спортсменов вместе со снижением общей мощности спектра регуляции может быть отражением своеобразного перераспределения факторов регуляции с центральных к местным гуморальным и ионным факторам, что неизбежно приводит к синхронизации и снижению variability ритма сердца [6]. Можно предположить, что именно эти факторы и обеспечивают эффективность сердечной деятельности и корректное кровоснабжение сердца, мозга и скелетной мускулатуры. К таким факторам можно отнести длительную активацию кальциевых каналов в клетках проводящей системы сердца, накопление кальция в саркоплазматической сети рабочих кардиомиоцитов, вазодилататорные эффекты ионов водорода в сосудах мозга и скелетной мускулатуры.

По данным А.Н. Флейшмана [3], VLF является хорошим индикатором управления метаболическими процессами. Р.М. Баевский предпо-

ly decrease, along with a slight increase in the relative contribution of the very low frequency component. In athletes of playing sports the severity of these changes is much less, however, there is a decrease in the power of high frequency component and moderate but significant decrease in its relative contribution to the heart rate regulation. Thus, a decrease in autonomic regulation of the heart rate is typical for the training process beginning. A parallel decrease in the absolute values of the very low frequency spectrum in all athletes together with a decrease in the total power of regulation spectrum may be a reflection of a peculiar redistribution of regulatory factors from central to local humoral and ionic ones, which inevitably leads to synchronization and a decrease in heart rate variability [6]. It can be assumed that it is these factors that provide the efficiency of heart activity and adequate blood supply to the heart, brain and skeletal muscles. These factors include the long-term calcium channels activation in cardiac conduction system cells, calcium accumulation in the sarcoplasmic reticulum of working cardiomyocyte, vasodilatory effects of hydrogen ions in vessels of the brain and skeletal muscles.

According to A.N. Fleishman [3], VLF is a good indicator of metabolic processes management. R.M. Baevsky supposed that the main (near zero) peak of this range represents activity of suprasegmental, in particular hypothalamic, centers of autonomic regulation, that generate slow rhythms transmitted to the heart through the sympathetic nervous system [1]. This is confirmed by the data of N.B. Has-

Таблица 4. Параметры кардиоинтервалограммы у спортсменов игровых и силовых видов спорта до нагрузки и после отдыха

Table 4. Strength and games-based sports athletes' cardiointervalography data before training and after recovering

Показатель Parameter	До нагрузки Before training (1)	После отдыха After recovering (4)	Изменение, % Change, %	До нагрузки Before training (1)	После отдыха After recovering (4)	Изменение, % Change, %
	Игровые / Games-based			Силовые / Strength		
ЧСС, уд. в 1 мин HR, b/min	74.6 ± 1.8	88.1 ± 2.2	18* ↑	76.5 ± 2.0	98.6 ± 1.8	22* ↑
TP, мс ² (ms ²)	5493.6 ± 908.8	3404.7 ± 606.4	38* ↓	3478.6 ± 356.4	923.175 ± 156.1	73* ↓
HF, мс ² (ms ²)	2809.0 ± 571.1	1402.4 ± 274.2	50* ↓	928.7 ± 118.7	226.4 ± 98.5	75* ↓
LF, мс ² (ms ²)	1689.730 ± 291.8	1214.809 ± 261.17	28* ↓	1302.7 ± 147.8	463.4 ± 98.5	64* ↓
VLF, мс ² (ms ²)	1300.8 ± 321.6	782.1 ± 137.5	39 ↓	1223.3 ± 186.5	230.1 ± 33.1	81* ↓
HF, %	42.6 ± 2.8	39.7 ± 3.1	7 ↓	28.0 ± 2.3	27.1 ± 2.8	3 ↑
LF, %	32.9 ± 2.0	33.6 ± 2.3	3 ↑	38.5 ± 2.4	44.5 ± 3.1	15 ↑
VLF, %	24.3 ± 2.9	26.6 ± 2.6	8 ↑	33.4 ± 2.6	28.2 ± 2.7	15

жил, 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 [1]. Подтверждением этому являются данные Н.Б. Хаспековой [7], которая при изучении ВРС на значительном контингенте больных с опухолями головного мозга и невротическими расстройствами установила наибольшую зависимость его мощности от состояния надсегментарных вегетативных центров. Эти данные достоверно показали, что VLF отражает церебральные эрготропные влияния на нижележащие уровни управления и позволяет судить о функциональном состоянии мозга.

Следует отметить, что у спортсменов игровых видов вклад очень низкочастотной компоненты увеличивается во время разминки на 79 %, а у спортсменов силовых видов спорта — лишь на 45 %. С учетом снижения вклада высокочастотной компоненты это подтверждает наши предположения о том, что более выраженная активация эрготропных зон гипоталамуса у спортсменов игровых видов спорта обусловлена значительно более высоким афферентным потоком импульсов от сенсорных систем и необходимостью большей концентрации внимания, что и переводит кору и лимбическую систему на более высокий уровень функционирования. Спортивные игры относятся к ситуационным видам спорта, которые характеризуются быстрыми изменениями характера и интенсивности движений. Правильная ориентация на поле или площадке, контакт с членами команды обеспечивается функциями анализаторов, в частности зрительным и слуховым. Изменение структуры движений требует высокой подвижности нервных процессов и высокой возбудимости и лабильности всех звеньев двигательного аппарата [5].

Нагрузка во время тренировки у всех спортсменов сопровождается сходными с периодом разминки изменениями параметров кардиоинтервалограммы, однако эти изменения выражены в значительно меньшей степени. Отличие заключается в незначительном снижении как абсолютных значений высоко- и низкочастотных компонент спектра, так и их вклада в регуляцию ритма сердца. Наиболее выраженное снижение низкочастотной компоненты характерно для спортсменов силовых видов спорта. Если мощность высокочастотной компоненты, по мнению большинства исследователей, является более или менее однозначным отражением активности вагусной зоны сосудодвигательного центра, то мощность и вклад низкочастотной компоненты

pekova [7], who, when studying HRV in a significant contingent of patients suffering with cerebral tumors and neurotic disorders, established the greatest dependence of its power on the state of suprasegmental autonomic centers. These data have shown reliably, that VLF reflects cerebral ergotropic influences on lower levels of control and allows us to judge the functional state of the brain.

It should be noted that in games-based sports athletes during the warming up the contribution of a very low frequency component increases by 79%, and in strength sports athletes — only by 45%. Taking into account the reduced contribution of the high frequency component, this confirms our assumptions that the more pronounced activation of ergotropic zones of hypothalamus in games-based sports athletes is due to a significantly higher afferent flow of impulses from sensory systems and the need for greater concentration of attention, which do switch the cerebral cortex and limbic system to a higher level of functioning. Sports games are situational sports, that are characterized by rapid changes in the character and intensity of movements. Correct orientation on a field or court, contact with team members are ensured by the functions of analyzers, in particular, visual and auditory. Changing the movements structure requires high mobility of nervous processes, and high excitability and lability of all locomotor system segments [5].

In all athletes the load during exercises is accompanied by changes in cardiointervalogram's parameters similar to the warming up period, but they are less significant. The difference lies in a slight decrease in both the absolute values of the high and low frequency components of the spectrum, and their contribution to the heart rate regulation. The most pronounced decrease in the low frequency component is typical for strength sports athletes. Whereas the power of the high frequency component, according to the major part of researchers, is more or less unambiguous reflection of the vagal activity of the vasomotor center, then the power and contribution of the low frequency component has not yet found an unambiguous interpretation. It is possible that all three mechanisms (baroreflex, central and myogenic) are involved in the formation of a 0.1 Hz heart rate [3, 4, 8, 9]. Ultimately, for practical use it is important that low frequency oscillations are directly related to the postganglionic sympathetic fibers activity, and their spectral power can be used to judge the state of sympathetic heart rate regulation. Therefore a decrease in these parameters can reflect a de-

однозначной трактовки пока не находит. Возможно, что в формировании ритма сердца мощностью 0.1 Гц принимают участие все три механизма (барорефлекторный, центральный и миогенный) [3, 4, 8, 9]. В конечном счете для практического использования важным является то, что низкочастотные колебания напрямую связаны с активностью постганглионарных симпатических волокон и по их спектральной мощности можно судить о состоянии симпатической регуляции сердечного ритма. Следовательно, снижение этих показателей может отражать уменьшение влияний на ритм сердца как симпатического, так и парасимпатического отделов центра продолговатого мозга и переход к местным механизмам регуляции деятельности сердца, например, в соответствии с законом Франка — Старлинга. Изменение деятельности сердца может быть обусловлено сдвигом внутриклеточного содержания калия (изменение возбудимости) или кальция (изменение силы сокращения). Такие сдвиги, скорее всего, являются результатом изменений в работе сердца, происходящих во время разминки. Поскольку максимальные изменения регистрируются у спортсменов силовых видов спорта [10], следует предположить, что именно для этой группы и характерны наиболее выраженные ионные сдвиги, которые приводят к тому, что сердце обеспечивает оптимальное кровоснабжение мышц максимально независимо от барорефлекторных и надсегментарных влияний.

Период восстановления тоже неодинаков по исследуемым параметрам у спортсменов двух групп. В обеих группах спортсменов наблюдается повышение общей мощности регуляции за счет увеличения абсолютных значений и вклада в регуляцию как высокочастотной, так и низкочастотной компонент спектра. Но если в группе игровых видов повышение происходит преимущественно за счет высокочастотной компоненты, то для спортсменов силовых видов спорта характерно повышение низкочастотной компоненты и ее вклада в регуляцию. Таким образом восстанавливаются регуляторные влияния на ритм сердца, обусловленные реализацией барорефлекса, но с различной степенью вклада симпатических и парасимпатических влияний, что может быть отражением возбудимости и реактивности соответствующих зон сосудодвигательного центра.

Такое соотношение параметров регуляции ритма сердца можно наглядно представить в виде динамических графиков (рис. 1).

Из рисунка видно, что у спортсменов силовых видов спорта наблюдается практически пря-

crease in sympathetic and parasympathetic influences of the medulla oblongata on the heart rate and transition to local mechanisms of heart activity regulation, for example, in accordance with the Frank-Starling law. The heart activity changes can be caused by a shift in the intracellular content of potassium (change in excitability) or calcium (change in the force of contraction). These shifts are most likely the result of changes in the heart's work that occur during the warming up. Since the maximum changes are registered in strength sports athletes [10], it should be assumed that it is for this group that the most pronounced ionic shifts are characteristic, which lead to the fact that the heart provides the optimal blood supply to the muscles, as much as possible regardless of the baroreflex and suprasegmental influences.

The recovery period is also different in terms of the studied parameters among the athletes of the two groups. In both groups a rise in the total power of regulation was registered due to an increase in the absolute values and a contribution to regulation of both the high frequency and low frequency spectrum components. But if in the group of games-based sports the increase occurs mainly due to the high frequency component, then for athletes of strength sports an increase in the low frequency component and its contribution to regulation is characteristic. Thus, the regulatory effects on heart rate are restored, due to the implementation of the baroreflex but with a different degree of sympathetic and parasympathetic influences, which may be a reflection of the excitability and reactivity of the corresponding zones of the vasomotor center.

Such a ratio of the heart rate regulation parameters can be visualized in the form of dynamic graphs (Fig. 1).

The figure shows that athletes of strength sports have an almost direct relationship between a decrease in the general regulatory influences on the heart with a decrease in the low frequency component, which confirms our conclusion about the priority role of the heart's own mechanisms in the energy supply of the load. This option is probably more acceptable for anaerobic physical activity. For athletes of games-based sports, already at the second point of the graph, which corresponds to the warming up, the intensity of the high frequency component in the general regulatory influence begins to increase after a sharp drop. This pattern, in our opinion, confirms the importance of relative predominance of sympathetic centers of the brain, which is necessary for high sensory activity and contact with team members.

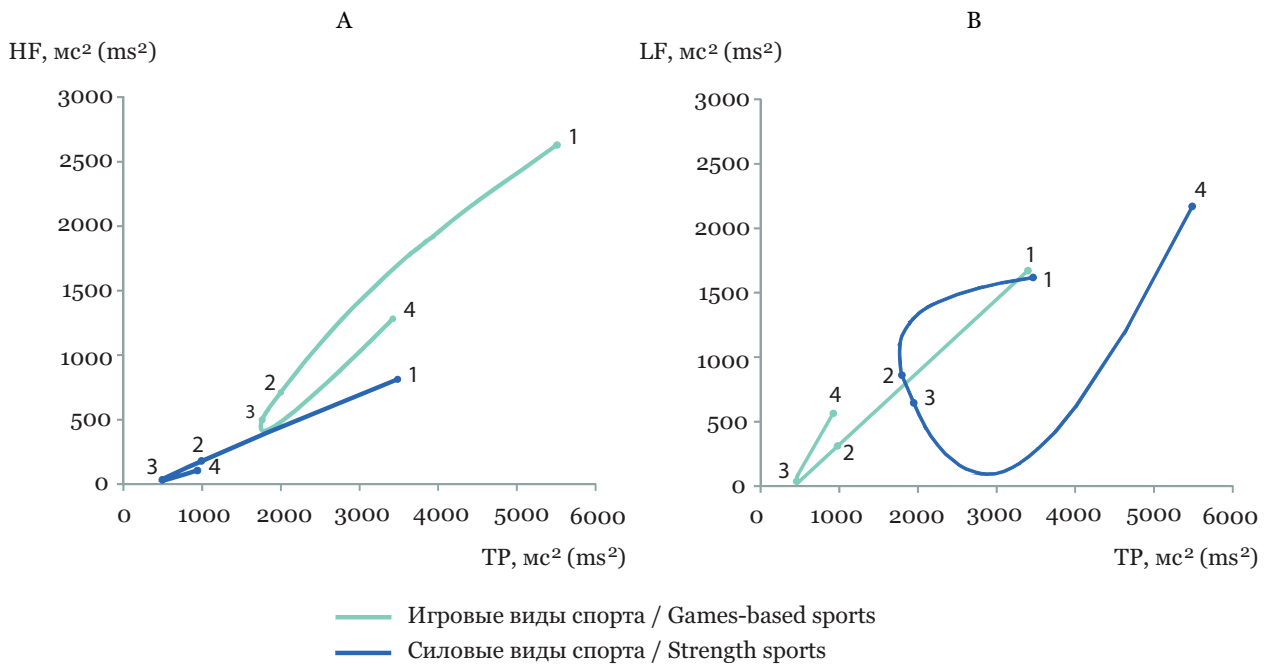


Рис. 1. Относительный вклад в суммарные регуляторные влияния высокочастотной (А) и низкочастотной (В) компонент у спортсменов силовых и игровых видов спорта (1 — состояние покоя; 2 — разминка; 3 — максимальная нагрузка; 4 — отдых)

Fig. 1. Relative contribution to the total regulatory influences of high frequency (A) and low frequency (B) components in games-based and strength sports athletes (1 — resting state, 2 — warming up, 3 — maximum load, 4 — recovery)

мая связь снижения общих регуляторных влияний на сердце со снижением низкочастотной составляющей, что подтверждает наши выводы о приоритетной роли собственных сердечных механизмов в энергетическом обеспечении нагрузки. Такой вариант, вероятно, более приемлем для анаэробного варианта физической деятельности. У спортсменов игровых видов спорта уже во второй точке графика, которая соответствует разминке, выраженность высокочастотной компоненты в общем регуляторной влиянии после резкого падения начинает возрастать. Эта закономерность, на наш взгляд, подтверждает значение необходимого для высокой сенсорной активности и контакта с членами команды относительно преобладания влияний симпатических центров головного мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Начало тренировочного процесса характеризуется снижением вегетативной регуляции ритма с перераспределением факторов регуляции с центральных к местным гуморальным и ионным, что неизбежно приводит к синхронизации и снижению вариабельности ритма сердца.

CONCLUSION

The conducted research allows us to draw the following conclusions:

1. The beginning of the training process is characterized by a decrease in autonomic heart rate regulation with a redistribution of regulation factors from central to local humoral and ionic factors, which inevitably leads to synchronization and the heart rate variability decrease.

2. In the process of training in athletes of strength sports, there is a further decrease in the central influences on the heart rate.

3. In athletes of playing sports, the decrease in central influences on the heart rate is expressed to a much lesser extent compared to athletes of strength sports.

4. Restoration of regulatory influences on the heart is ensured by a change in the factor that was the main in ensuring the heart rate during training: in athletes of playing sports — due to the activation of parasympathetic mechanisms; in strength sports athletes — by restoring suprasegmental influences implemented through sympathetic centers.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

2. В процессе тренировки у спортсменов силовых видов спорта наблюдается дальнейшее снижение центральных влияний на ритм сердца.

3. У спортсменов игровых видов спорта снижение центральных влияний на ритм сердца выражено в значительно меньшей степени по сравнению со спортсменами силовых видов спорта.

4. Восстановление регуляторных влияний на сердце обеспечивается изменением того фактора,

который был основным в обеспечении ритма сердца во время тренировки: у спортсменов игровых видов спорта — за счет активации парасимпатических механизмов, у спортсменов силовых видов спорта — за счет восстановления надсегментарных, реализуемых через симпатические центры, влияний.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестн. аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.
2. Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Одинак М.М. и др. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 1. С. 130–143.
3. Флейшман А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-я РАН, 2009. 186 с.
4. Методические рекомендации по проведению функционально-диагностического обследования спортсменов / Моск. науч.-практ. центр спортивной медицины. М., 2009.
5. Физиология мышечной деятельности, труда и спорта / Е.К. Жуков, В.И. Воробьев, Т.Н. Ониани и др. Ленинград: Наука, 1969. 584 с. Серия: Руководство по физиологии.
6. Lotrič M.B., Stefanovska A. Synchronization and modulation in the human cardiorespiratory system // Physica A: Stat. Mechan. Applic. 2000. Vol. 283. P. 451–461.
7. Хаспекова Н.Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга: дис. ... д-ра мед. наук. М., 1996. 236 с.
8. Elghozi J.L., Julien C. Sympathetic control of short-term heart rate variability and its pharmacological modulation // Fundam. Clin. Pharmacol. 2007 Aug. Vol. 21 (4). P. 337–347.
9. Ruediger H., Seibt R., Scheuch K., Krause M., Alam S. Sympathetic and parasympathetic activation in heart rate variability in male hypertensive patients under mental stress // J. Hum. Hypertens. 2004 May. Vol. 18 (5). P. 307–315.
10. Чинкин А.С., Назаренко А.С. Физиология спорта: учеб. пособие. М.: Спорт, 2016. 120 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Крылова Ирина Федоровна — ассистент кафедры нормальной физиологии и основ безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Куликов Вячеслав Юрьевич — д-р мед. наук, профессор кафедры нормальной физиологии и основ безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

REFERENCES

1. Baevsky R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V. et al. (2001). The heart rate variability analysis with using various electrocardiographic systems. *Journal of Arrhythmology*, 24, 65–86. In Russ.
2. Kotelnikov S.A., Nozdrachev A.D., Odinak M.M. (2002). Heart rate variability: View of the mechanisms. *Human Physiology*, 28 (1), 130–143. In Russ.
3. Fleishman A.N. (2009). *Heart Rate Variability and Slow Hemodynamics Vibrations*. Novosibirsk, 180 p. In Russ.
4. *Methodological Guidelines on Functional Testing in Sports* (2009). Moscow Research and Practical Center of Sports Medicine. Moscow.
5. Zhukov E.K., Vorobev V.I., Oniani T.N. et al. (1969). *Physiology of Muscle Activity, Work and Sport*. Leningrad: Nauka, 384 p.
6. Lotrič M.B., Stefanovska A. (2000). Synchronization and modulation in the human cardiorespiratory system. *Physica A: Stat. Mechan. Applic.*, 283, 451–461.
7. Haspekova N.B. (1996). Heart rate regulation variability in healthy persons and patients suffered from psychogenic and organic cerebral disorders: Dr. Sci. (Med.) theses. Moscow, 236 p. In Russ.
8. Elghozi J.L., Julien C. (2007, Aug). Sympathetic control of short-term heart rate variability and its pharmacological modulation. *Fundam. Clin. Pharmacol.*, 21 (4), 337–347.
9. Ruediger H., Seibt R., Scheuch K., Krause M., Alam S. (2004, May). Sympathetic and parasympathetic activation in heart rate variability in male hypertensive patients under mental stress. *J. Hum. Hypertens.*, 18 (5), 307–315.
10. Chinkin A.S., Nazarenko A.S. (2016). *Sport Physiology: Studying Manual*. Moscow: Sport, 120 p. In Russ.

ABOUT THE AUTHORS

Krylova Irina Fedorovna — Assistant, Normal Physiology and Life Safety Department, Novosibirsk State Medical University.

Kulikov Vyacheslav Jurevich — Dr. Sci. (Med.), Professor, Normal Physiology and Life Safety Department, Novosibirsk State Medical University.

Pikovskaya Natalya Borisovna — Dr. Sci. (Bio.), Professor, Normal Physiology and Life Safety Department, Novosibirsk State Medical University.

Пиковская Наталья Борисовна — д-р биол. наук, профессор кафедры нормальной физиологии и основ безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Коленчиди Татьяна Валентиновна — учитель высшей категории МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 207» (Новосибирск).

Поветьев Иван Ильич — студент 4-го курса лечебного факультета ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Образец цитирования: Крылова И.Ф., Куликов В.Ю., Пиковская Н.Б., Коленчиди Т.В., Поветьев И.И. Динамика вегетативных реакций в процессе тренировки у спортсменов силовых и игровых видов спорта // Journal of Siberian Medical Sciences. 2020. № 3. С. 64–66.

Kolenchidi Tatyana Valentinovna — Highest-Rank Teacher, General Secondary School No. 207 (Novosibirsk).

Povetyev Ivan Ilyich — Four-year Student, Novosibirsk State Medical University.

Citation example: Krylova I.F., Kulikov V.Yu., Pikovskaya N.B., Kolenchidi T.V., Povet'ev I.I. Strength and games-based sports athletes' vegetative reaction dynamics during the training process. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 3, 64–73.

