

УДК 790.866:609.752

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ РИТМА СЕРДЦА У СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ СЕНСОМОТОРНОГО РЕАГИРОВАНИЯ

Коробейников Г.В.¹, Коробейникова Л.Г.², Макачук Н.Е.²

¹*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина*

²*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина*

E-mail: syshko@list.ru

Целью работы было изучение особенностей вегетативной регуляции ритма сердца у спортсменов с различным уровнем сенсомоторного реагирования. В обследованиях принимали участие 24 спортсмена высокой квалификации по греко-римской борьбе в возрасте от 20 до 25 лет. Изучались параметры сенсомоторного реагирования с помощью компьютерного комплекса «Мультисихометр-05». Оценка вегетативной регуляции ритма сердца производилась с помощью кардиомонитора «Polar-S800». Результаты исследований свидетельствуют о связи психомоторного напряжения спортсменов с показателями зрительно-моторной реакции. Выявлено, что скорость сенсомоторного реагирования обусловлена уменьшением продолжительности и периодичности колебаний кардиоинтервалов. В то же время, наблюдается тенденция к росту аperiodических колебаний кардиоинтервалов. Выявленный факт согласуется с наличием роста уровня напряжения психомоторной регуляции у спортсменов с высоким уровнем сенсомоторного реагирования.

Ключевые слова: вегетативная регуляция ритма сердца, сенсомоторное реагирование, спортсмены.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных свойств нейропсихофизиологических функций человека является восприятие и переработка зрительной информации. В условиях профессиональной деятельности человека, связанной с наличием экстремальных факторов, восприятие и переработка информации и принятие решений приобретает особое значение. Спортивная деятельность, как частный случай экстремальной деятельности человека, характеризуется наличием изменчивости факторов тренировочной и соревновательной среды, принятием решений в условиях лимита времени.

Скорость реагирования на зрительный сигнал зависит от особенностей проявления компонент системы переработки информации, обуславливающих эффективность выполнения деятельности спортсмена: работы афферентной, рецепторной компоненты восприятия информации, центральной компоненты переработки зрительной информации на уровне ЦНС и эфферентной, исполнительной компоненты нейропсихофизиологического реагирования.

В условиях роста квалификации, скорость пропускной способности зрительного анализатора возрастает на порядок [1, 2]. У спортсменов-единоборцев высокой

квалификации, при напряженной мышечной деятельности, пропускная способность зрительного анализатора имеет четко установленные границы 0,5-3 бит/с. В то же время, проявление нейродинамических и психомоторных качеств спортсменов, в условиях соревновательной деятельности, во многом зависит от функционального состояния организма [3, 4].

Одной из ключевых особенностей функционального состояния человека, в условиях напряженной мышечной деятельности, является система вегетативной регуляции ритма сердца. В научной литературе недостаточно представлено результатов исследований, которые посвящены изучению связи психофизиологических реакций организма человека, в условиях экстремальных видов деятельности, с вегетативной регуляцией ритма сердца [5, 6].

Несмотря на наличие различных подходов для определения характера реагирования системы регуляции кардиоинтервалов на физические нагрузки, недостаточно изученной остается связь между вегетативной регуляцией ритма сердца и уровня сенсомоторного реагирования в спортивной деятельности.

Целью работы было изучение особенностей вегетативной регуляции ритма сердца у спортсменов с различным уровнем сенсомоторного реагирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В обследовании принимали участие 24 спортсмена высокой квалификации, мастера спорта международного класса и заслуженные мастера спорта, по греко-римской борьбе в возрасте от 20 до 25 лет.

Особенности сенсомоторного реагирования изучались по показателям индивидуально-типологических характеристик ВНД и сенсомоторных реакций с помощью компьютерного комплекса «Мультитсихометр-05». Использовался оптимальный режим и режим навязанного ритма. В свою очередь, определяли уровень функциональной подвижности и баланс нервных процессов, а так же уровень нервно-мышечного напряжения по теппинг-тесту. Определяли показатели: частоты касаний, лабильность, скважность (по теппинг-тесту); точность, возбуждение (по балансу нервных процессов) и показатель стабильности по обоим методикам. Функциональная подвижность нервных процессов оценивалась по показателям: динамичность, пропускная способность зрительного анализатора, предельная скорость переработки информации, импульсивность.

С целью дифференциации спортсменов по уровню сенсомоторного реагирования, спортсмены были разделены на две группы:

- первая группа – это спортсмены с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования, имеющие значения латентного периода простой зрительно-моторной реакции (ЛПЗМР) от 120 мс до 240 мс, в эту группу вошли 10 человек;

- вторая группа – спортсмены со средним уровнем скорости сенсомоторного реагирования, значения ЛПЗМР от 240 мс и выше, в эту группу были отнесены 14 человек.

Оценка вегетативной регуляции ритма сердца производилась с помощью кардиомонитора «Polar-S800», в динамике стандартной ортостатической пробы и с регистрацией спектральных характеристик кардиоинтервалов.

При анализе нестационарных переходных процессов системы регуляции ритма сердца, в условиях ортостатической нагрузки, применялся анализ скатерограммы, как непараметрический метод анализа [7, 8]. Определялись значения показателей SD1, отображающие аperiodические колебания сердечного ритма и SD2, характеризующие медленные колебания ритма сердца.

Статистический анализ проводился с помощью программного пакета STATISTICA 6. В связи с тем, что обследуемая выборка не отвечала нормальному распределению, нами применялся метод непараметрической статистики с помощью критериев знаковых ранговых сумм Вилкоксона [9]. Для демонстрации размаха данных использовался интерквартильный размах, с указанием нижнего и верхнего квартилей (25% и 75%, соответственно).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены значения латентности простой зрительно-моторной реакции у спортсменов с разным уровнем скорости сенсомоторного реагирования (n=24).

Таблица 1

Значение латентности простой зрительно-моторной реакции у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования (n=24)

Скорость реагирования	Латентность простой зрительно-моторной реакции, мс			Коэффициент вариации, сV		
	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Высокая	259,85	246,01	272,50	14,03	10,30	16,50
Низкая	300,45*	280,43	325,05	17,05*	13,30	24,30

Примечание: *- p<0,01, по сравнению с группой спортсменов высокого уровня скорости сенсомоторного реагирования.

Анализ табл. 1 свидетельствует о более качественных характеристиках простой зрительно-моторной реакции у спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования. Наличие достоверно низких значений коэффициента вариации (сV) у спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования, по сравнению со спортсменами низкого уровня скорости сенсомоторного реагирования, указывает на напряженность психомоторной регуляции. Таким образом, рост скорости сенсомоторного реагирования сопровождается психомоторным напряжением у спортсменов, что обуславливает стабильность воспроизведения зрительно-моторной реакции.

В табл. 2 представлены результаты исследования показателей нейродинамических и психофизиологических функций у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования.

Таблица 2
Результаты исследования показателей нейродинамических и психофизиологических функций у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования

Показатели	Высокая скорость реагирования			Низкая скорость реагирования		
	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Теппинг тест						
Частота касаний, к-ть	6,76	6,30	7,18	6,05*	5,55	6,65
Лабильность, усл.ед.	51,40	49,20	58,15	37,45*	36,75	53,10
Скважность, усл.ед.	2,80	2,55	3,08	4,20*	3,09	4,50
Стабильность, сV	9,85	9,17	16,55	11,75*	10,80	17,05
Баланс нервных процессов						
Точность, усл.ед.	3,40	2,70	3,60	3,05	2,65	3,90
Стабильность, сV	2,70	2,60	4,02	4,60*	3,00	6,45
Возбуждение, усл.ед.	-1,20	-3,18	-0,39	-0,93	-1,60	-0,61
Тренд по возбуждению, усл.ед.	-243,70	-442,30	-11,80	-303,10	-427,55	-188,40
Функциональная подвижность нервных процессов						
Динамичность, усл.ед.	68,00	61,70	84,00	69,01	62,40	80,70
Пропускная способность, усл.ед.	1,70	1,50	1,90	1,60	1,50	1,90
Граничная скорость переработки информации, мс	350,00	320,00	440,00	380,00	350,00	440,00
Импульсивность, усл.ед.	0,03	-0,12	0,47	-0,13*	-0,15	0,07

Примечание: *- $p < 0,01$, по сравнению с группой спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования.

Результаты исследования по методике теппинг-тест свидетельствуют, что спортсмены с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования отличаются более качественными характеристиками по сравнению со спортсменами низкого уровня сенсомоторного реагирования. А именно, увеличение показателя частоты касаний, у спортсменов с высокой скоростью реагирования, указывает на улучшение функционального состояния нервно-мышечной системы и скорости проведения нервного импульса. Аналогично выявлено наличие лучших значений

показателей лабильности и скважности у спортсменов с высоким уровнем сенсомоторного реагирования.

В тот же время, более высокие абсолютные значения коэффициента вариации у спортсменов с низким уровнем скорости сенсомоторного реагирования указывают на ухудшение уровня стабильности воспроизведения частоты касаний при выполнении методики теппинг-тест. Этот феномен отражает стохастичность психофизиологической организации, как результата формирования функциональной системы, ответственной за восприятие и переработку информации, и возможности поиска и привлечения новых элементов функциональной системы в экстремальных условиях [11]. У спортсменов, с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования, наблюдается жестко детерминированная организация психомоторных функций организма (табл. 2).

Аналогичная тенденция наблюдается в исследовании баланса нервных процессов (табл. 2). Кроме того, выявлено, что у спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования баланс нервных процессов склоняется к возбуждению, по сравнению с группой спортсменов с низким уровнем сенсомоторного реагирования (табл. 2).

Изучение вариабельности ритма сердца дало возможность дифференцировать спортсменов, с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования, по показателям вегетативной регуляции.

В табл. 3 представлены результаты исследования статистических показателей вариабельности ритма сердца у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования. Анализ табл. 3 свидетельствует, что достоверные различия между группами спортсменов с разным уровнем сенсомоторного реагирования наблюдаются лишь по средним значениям кардиоинтервалов (Mean RR) и показателям SD2, который отражает периодические колебания кардиоинтервалов (табл.3).

Таблица 3

Результаты исследования статистических показателей вариабельности ритма сердца у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования

Показатели	Высокая скорость реагирования			Низкая скорость реагирования		
	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Mean RR, мс	967,45	917,20	1083,05	1159,50*	1008,70	1221,40
STD, мс	96,45	61,95	138,35	110,10	99,40	123,40
RR triangular index, усл.ед.	17,61	12,88	24,37	20,57	16,16	23,55
SD1, мс	72,45	38,35	100,20	64,40	55,00	66,30
SD2, мс	130,85	82,500	180,65	167,40*	141,10	168,90

Примечание: *- $p < 0,01$, по сравнению с группой спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования.

Таким образом, скорость сенсомоторного реагирования у спортсменов обусловлена уменьшением продолжительности и периодичности колебаний кардиоинтервалов. В то же время, наблюдается тенденция к росту аperiodических колебаний кардиоинтервалов (по показателю SD2, табл. 3). Выявленный факт согласуется с наличием роста уровня психомоторной регуляции у спортсменов с высоким уровнем сенсомоторного реагирования.

В табл. 4 представлены результаты исследований спектральных характеристик variability ритма сердца у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования.

Таблица 4

Результаты спектральных характеристик variability ритма сердца у спортсменов с разным уровнем скорости сенсомоторного реагирования

Показатели	Высокая скорость реагирования			Низкая скорость реагирования		
	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль
VLF, мс ²	5275,00	1267,50	10095,00	7088,00	4802,00	10398,00
LF, мс ²	2444,50	1674,00	3704,50	2428,00	2395,00	2767,00
HF, мс ²	1092,50	600,00	3512,50	2373,00*	1959,00	2586,00
Total	9668,00	3541,50	17312,00	12979,50*	11575,00	16710,00
LF/HF	1,91	1,308	2,65	1,41*	1,01	1,51

Примечание: *- p<0,01, по сравнению с группой спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования.

Анализ табл. 4 свидетельствует о наличии достоверных различий между обеими группами спортсменов по показателям высокочастотных колебаний кардиоинтервалов (HF), общей мощности спектра кардиоинтервалов (Total) и вегетативного баланса (LF/HF). Наличие достоверно больших значений высокочастотных колебаний кардиоинтервалов у спортсменов с низким уровнем сенсомоторного реагирования указывает на активацию парасимпатического тонуса вегетативной регуляции ритма сердца у этой группы спортсменов (табл. 4). На этот факт, также, указывает и показатель общей мощности спектра колебаний кардиоинтервалов (Total, табл. 4). Увеличение показателя вегетативного баланса (LF/HF) у спортсменов, с высоким уровнем скорости реагирования, свидетельствует о росте напряженности вегетативной регуляции ритма сердца за счет ослабления активации парасимпатического тонуса.

Таким образом, рост скорости сенсомоторного реагирования связан с увеличением напряженности вегетативной регуляции ритма сердца за счет ослабления парасимпатического тонуса, что согласуется с уменьшением продолжительности и периодичности колебаний кардиоинтервалов у спортсменов с высокой скоростью сенсомоторного реагирования.

Для исследования особенностей формирования функциональной системы, ответственной за регуляцию ритма сердца, нами был использован подход оценки

информационно-энтропийных характеристик variability ритма сердца у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования (табл. 5).

Таблица 5

Результаты исследований информационно-энтропийных характеристик variability ритма сердца у спортсменов с различным уровнем скорости сенсомоторного реагирования

Показатели	Высокая скорость реагирования			Низкая скорость реагирования		
	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Детерминизм, %	98,820	97,920	99,04	98,98	97,28	99,46
Энтропия по Шенону, усл.ед.	3,124	2,918	3,31	3,29	2,87	3,46
Аппроксимальная энтропия, усл.ед.	1,13	0,981	1,15	1,00*	0,87	1,10
Простая энтропия, усл.ед.	1,504	1,44	1,64	1,53	1,19	1,66

Примечание: *- $p < 0,01$, по сравнению с группой спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования.

Анализ табл. 5 показал наличие достоверных различий лишь по показателям приближенной энтропии (approximate entropy), которая достоверно выше у спортсменов с высоким уровнем сенсомоторного реагирования. Полученный факт свидетельствует о наличии более стохастической организации функциональной системы регуляции ритма сердца у спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования. Полученный результат согласуется с нашими предыдущими исследованиями, в которых было показано, что рост энтропии системы вегетативной регуляции ритма сердца отражает возможность адаптации организма спортсмена к напряженной мышечной деятельности [10].

ВЫВОД

Таким образом, анализ проведенных исследований свидетельствует о том, что две группы спортсменов отличаются не только по скорости сенсомоторного реагирования, но и по уровню психомоторной регуляции, которая, в свою очередь, зависит от баланса нервных процессов.

Исследование скорости сенсомоторного реагирования показало связь с ростом психомоторного напряжения спортсменов в условиях воспроизведения зрительно-моторной реакции. Это, также, подтверждается наличием лучших значений лабильности и скважности у спортсменов с высоким уровнем сенсомоторного реагирования. В тот же время, большие абсолютные значения коэффициента вариации реакции у спортсменов с низким уровнем скорости сенсомоторного реагирования указывают на ухудшение уровня стабильности воспроизведения

частоты касаний при выполнении теппинг-теста, что свидетельствует о наличии вариабельности в условиях физической активности. Этот феномен отражает стохастичность психофизиологической организации, как результат формирования функциональной системы, ответственной за восприятие и переработку информации, а также возможность поиска и привлечение новых элементов функциональной системы для обеспечения успешной деятельности в экстремальных условиях.

Аналогичная тенденция наблюдается в исследовании баланса нервных процессов. Кроме того, выявлено, что у спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования баланс нервных процессов склоняется к процессам возбуждению.

В результате исследований выявлено, что скорость сенсомоторного реагирования обусловлена уменьшением продолжительности и периодичности колебаний кардиоинтервалов. В то же время, наблюдается тенденция к росту аperiодических колебаний кардиоинтервалов. Выявленный факт согласуется с наличием роста уровня психомоторной регуляции у спортсменов с высоким уровнем сенсомоторного реагирования.

Выявлено, что рост сенсомоторного реагирования связан с повышением напряженности вегетативной регуляции ритма сердца за счет ослабления парасимпатического тонуса, что согласовывается с уменьшением продолжительности и периодичности колебаний кардиоинтервалов у спортсменов с высокой скоростью сенсомоторного реагирования.

С помощью информационно-энтропийного подхода к изучению вариабельности ритма сердца выявлено наличие более стохастической организации функциональной системы, ответственной за регуляцию кардиоинтервалов, у спортсменов с высоким уровнем скорости сенсомоторного реагирования.

Список литературы

1. Abernethy B. Visual characteristics of clay target shooters / B. Abernethy, R.J. Neal // J Sci Med Sport. – 1999 – Mar; 2(1). – P. 1-19.
2. Adam J.J. The additivity of stimulus-response compatibility with perceptual and motor factors in a visual choice reaction time task / J.J. Adam // Acta Psychol (Amst). – 2000. – Sep;105(1). – P. 1-7.
3. Ложкин Г.В. Психологический контроль готовности спортсменов высокой квалификации / Г.В. Ложкин, В.И. Воронова // Наука в олимпийском спорте. – 2001. – №2. – С. 109 – 113.
4. Родионов А.В. Принцип психофизиологического сопряжения в подготовке спортсменов-единоборцев высокой квалификации / А.В. Родионов // Наука в олимпийском спорте. – 2003. – № 1. – С. 143-146.
5. Effect of exercise and passive head-up tilt on fractal and complexity properties of heart rate dynamics / M.P. Tulppo, R.L. Haghson, T.H. Makikallio [et al.] // American Journal Physiology Heart Circ. Physiology. – 2001. – №280(3). – P. 1082-1087.
6. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise / M.P. Tulppo, T.H. Hakikallio, T. Seppanen [et al.] // American Journal Physiology. – 1996. – № 40. – P. 244-252.
7. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans / D. Lucini, G. Norbiato, M. Clerici [et al.] // Hypertension. – 2002. – Vol. 39, No 1. – P. 184-188.
8. Lucini D. Selective reductions of cardiac autonomic responses to light bicycle exercise with aging in healthy humans / D. Lucini, M. Cerchiello, M. Pagani // Auton. Neurosci. – 2004. – Vol. 30, No 110. – P. 55-63.

9. Реброва О.Ю. Описание процедуры и результатов статистического анализа медицинских данных в научных публикациях / О.Ю. Реброва // Международный журнал медицинской практики. – 2000. – № 4. – С. 43-46.
10. Коробейников Г.В. Функциональна організація психофізіологічних станів людини в залежності від рівня адаптованості до напруженої м'язової діяльності / Г.В. Коробейников, О.К. Дудник // Медична інформатика та інженерія. – 2008. – № 1. – С. 92-98.
11. Коробейников Г.В. Контроль за психофизиологическим состоянием спортсменов высокой квалификации в условиях напряженной мышечной деятельности / Г.В. Коробейников, Л.Г. Коробейникова, О.К. Дудник // Международная научно-практическая конференция государств – участников СНГ по проблемам физ.культуры и спорта. – Минск: БГУФК, 2010. – С. 120-125.

Коробейников Г.В. Особливості вегетативної регуляції ритму серця у спортсменів з різним рівнем сенсомоторного реагування / Г.В. Коробейников, Л.Г. Коробейникова, М.Е. Макарчук // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013. – Т. 26 (65), № 1. – С. 89-97.

Метою роботи було вивчення особливостей вегетативної регуляції ритму серця у спортсменів з різним рівнем сенсомоторного реагування. В обстеженнях брали участь 24 спортсмени високої кваліфікації з греко-римської боротьби у віці від 20 до 25 років. Вивчалися параметри сенсомоторного реагування за допомогою комп'ютерного комплексу «Мультіпсихометр-05». Оцінка вегетативної регуляції ритму серця проводилася за допомогою кардіомонітор «Polar-S800». Результати досліджень свідчать про зв'язок психомоторного напруження у спортсменів із показниками зорово-моторної реакції. Виявлено, що швидкість сенсомоторного реагування обумовлена зменшенням тривалості та періодичності коливань кардіоінтервалів. У той же час, спостерігається тенденція до зростання аперіодичних коливань кардіоінтервалів. Виявлений факт узгоджується з наявністю зростання рівня психомоторного напруження регуляції у спортсменів з високим рівнем сенсомоторного реагування.

Ключові слова: вегетативна регуляція ритму серця, сенсомоторної реагування, спортсмени.

Korobeinikov G.V. Features vegetative regulation of cardiac rhythm in sportsmen with different levels of sensorimotor response / G.V. Korobeinikov, L.G. Korobeinikova, N.E. Makarchuk // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2013. – Vol. 26 (65), No. 1. – P. 89-97.

The goal was to study the features of vegetative regulation of heart rate in athletes with different levels of sensor motor response. In the surveys involved 24 highly skilled athletes in Greco-Roman wrestling at the age of 20 to 25 years. We studied the parameters of sensor motor response by computer complex Multipsihometr-05. Evaluation of vegetative regulation of cardiac rhythm was performed using Cardiomonitor «Polar-S800». The research results indicate the relationship of psychomotor stress athletes with performance of visual-motor reaction. Revealed that the rate of sensory-motor response due to a decrease in duration and frequency of vibrations cardio. At the same time, the rising trend of aperiodic oscillations cardio. Identified is consistent with the presence of growth of tension of psychomotor regulation in athletes with high levels of sensor motor response.

Keywords: vegetative regulation of heart rate, sensor motor response, athletes.

Поступила в редакцію 22.02.2013 г.