

# Нарушения вегетативного статуса у спортсменов ациклических видов спорта и их коррекция средствами технологии игрового биоуправления и транскраниальной стимуляции

Гувакова И.В.<sup>1</sup>, Кузнецова Л.А.<sup>2</sup>

## Analysis of the vegetative status disorders of acyclic sportsmen and its correction with the technology of gaming biofeedback and transcranial electrostimulation

*Guvakova I. V., Kuznetsova L. A.*

<sup>1</sup> Региональный центр спортивной подготовки «Школа высшего спортивного мастерства», г. Новосибирск

<sup>2</sup> НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, г. Новосибирск

© Гувакова И.В., Кузнецова Л.А.

У 37 спортсменов с преобладанием активности симпатического отдела вегетативной нервной системы описан переход управления регуляцией кровообращения к высшим вегетативным центрам. Доказана эффективность комплексной коррекции нарушений вегетативного статуса методами транскраниальной электростимуляции и с помощью технологии игрового биоуправления.

**Ключевые слова:** вегетативный тонус, вегетативная реактивность, вегетативное обеспечение, уровень вегетативной регуляции, транскраниальная электростимуляция, игровое биоуправление.

Examining 37 sportsmen with the predominant activity of sympathetic unit of the vegetative nervous system, we detected the switch of bloodstream regulation control to the higher vegetative centers. We showed the effectiveness of the transcranial electrostimulation and gaming biofeedback methods for complex correction of vegetative status disorders.

**Key words:** vegetative tonus, vegetative reactivity, vegetative support, level of vegetative regulation, transcranial electrostimulation, game biofeedback.

УДК 612.821

### Введение

Нарушение вегетативной регуляции служит ранним признаком ухудшения адаптации к нагрузкам, влечет за собой снижение работоспособности [1, 9]. При истощении резервных возможностей возникают дисрегуляторные вегетативные нарушения надсегментарного и сегментарного уровней, что нередко является патогенетическим фактором формирования сердечно-сосудистых заболеваний [1, 3, 5].

Решение данной проблемы необходимо для совершенствования физиологических механизмов приспособления сердца к физическим нагрузкам в условиях его гиперфункции [8]. Учитывая особенности патогенеза вегетативных нарушений, можно утвер-

ждать, что целью терапевтического воздействия должна выступать не только коррекция расстройств в различных системах, но и устранение дисфункции надсегментарных структур [3]. По данным Р.Н. Hatch и соавт. [12], в процессе регуляции сердечной деятельности во время произвольного контроля частоты сердечных сокращений (ЧСС) принимает участие как парасимпатический, так и симпатический отделы нервной системы. Волевое уменьшение ЧСС сопровождается одновременным усилением парасимпатических и ослаблением симпатических влияний на сердце. В связи с этим игровое биоуправление, в процессе которого происходит оперантное обучение навыкам произвольного управления ЧСС в комплексе с транскраниальной электростимуляцией (ТЭС) стволовых

структур мозга вследствие ее значимого вегетокорригирующего влияния [6], может стать перспективным немедикаментозным методом профилактики и коррекции нарушений вегетативного статуса у спортсменов.

## Материал и методы

Обследовано 37 спортсменов (мужчин) в возрасте 22—25 лет, у которых на основании инструментальных данных выявлены нарушения вегетативного статуса с преобладанием тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС). Все обследованные занимались ациклическими скоростно-силовыми видами спорта: греко-римской борьбой, вольной борьбой, боксом, дзюдо, фехтованием — и имели высокую спортивную квалификацию — разряд не ниже кандидата в мастера спорта при стаже занятий ( $8,2 \pm 1,8$ ) года. В группу контроля включены 30 практически здоровых спортсменов, сопоставимых с основной группой по полу, возрасту, видам спорта и спортивной квалификации. Исследования проводились в базовом периоде тренировочного процесса, характеризующимся выполнением интенсивных физических нагрузок.

Оценка вегетативного статуса проводилась на компьютерном программном комплексе «Поли-Спектр-Ритм» фирмы «Нейрософт» (Россия) по общепринятой методике в соответствии с методическими рекомендациями группы российских экспертов [2]. Исходный вегетативный тонус определяли по показателям спектрального и временного анализа вариабельности сердечного ритма (ВРС) при 5-минутной фоновой записи (ФЗ), вегетативную реактивность и обеспечение деятельности — с помощью активной ортостатической пробы (АОП) и 7-минутной регистрации спектрограммы. О вегетативной реактивности парасимпатического отдела судили по коэффициенту  $K_{30:15}$ , реактивность симпатического отдела оценивали по соотношению индекса напряжения в покое ( $ИН_1$ ) к индексу напряжения в АОП ( $ИН_2$ ), вегетативное обеспечение оценивали по приросту показателя LF/HF и динамике волн LF- и VLF-диапазона в активной ортопробе [2, 7]. При оценке результатов был использован подход Н.Б. Хаспековой [10], который позволяет оценивать состояние сегментарных (LF, HF) и надсегментарных (VLF) механизмов вегетативной регуляции

сердечного ритма с расчетом индекса централизации IC. Вычисление IC производилось по формуле  $IC = (HF + LF)/VLF$ .

Оздоровительный комплекс включал игровое биоуправление, базирующееся на принципе адаптивной обратной связи, разработанный в НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, выполненный на программно-аппаратном комплексе «БОС-Пульс» [11]. Мультимедийный сюжет был представлен игрой «Вира!», состоящей из имитации подводного погружения, в которой играющий управляет одним из соревнующихся в быстроте погружения водолазов. Для того чтобы победить в игре, необходимо снизить ЧСС и удерживать ее в заданных параметрах. Для регистрации пульса использовался фотоплетизмографический датчик пульса, укрепленный на ногтевой фаланге пальца руки. Продолжительность курса 10 сессий ежедневно по шесть попыток каждая в течение 20 мин. Курс транскраниальной электростимуляции, проводили от аппарата ТРАНСАИР-01В. Методика ТЭС — лобно-затылочная, ток — импульсный биполярный, сила тока до 3 мА.

При анализе данных использовали методы параметрической описательной статистики, интервальные переменные были протестированы на соответствие закону нормального распределения при помощи теста Колмогорова—Смирнова. Сопоставления между группами проводили посредством t-критерия Стьюдента. При межгрупповых сравнениях частотных величин использовали критерий  $\chi^2$ . При интерпретации статистических тестов максимальной вероятностью ошибки считали уровень  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Основную группу составили 37 спортсменов, у которых по результатам исследования вегетативного статуса показатель баланса отделов LF/HF ВНС составил ( $2,8 \pm 1,1$ ) усл. ед., что в 4 раза превышало данные контрольной группы ( $p < 0,05$ ) и указывало на преобладание активности симпатического отдела (табл. 1).

Таблица 1

Показатели спектрального анализа и структура спектральной мощности обследованных спортсменов (фоновая запись и активная ортостатическая проба)

Показатель	Контрольная группа		Основная группа	
	ФЗ	АОП	ФЗ	АОП

TP, мс <sup>2</sup> /Гц	5787 ± 202	1191 ± 126	1145 ± 204*	845 ± 64*
LF/HF, усл. ед.	0,6 ± 0,5	2,8 ± 0,2	2,8 ± 1,1*	7,1 ± 7,7*
VLF, %	22,5 ± 1,1	30,3 ± 1,7	43,7 ± 8,5*	61,5 ± 1,5*
LF, %	24,2 ± 1,4	52,3 ± 0,9	39,2 ± 8,7*	34,2 ± 1,6*
HF, %	41,7 ± 1,6	16,3 ± 3,2	14,6 ± 0,3*	5,4 ± 0,8*
IC	1,1 ± 0,4	—	5,7 ± 0,8*	—
K <sub>30:15</sub>	—	1,45 ± 0,7	—	1,14 ± 0,7*

\* Достоверность различий с группой контроля ( $p < 0,05$ ).

У атлетов основной группы значения показателя общей мощности спектра были снижены в 5 раз относительно контрольных значений ( $p < 0,05$ ), в структуре спектральной мощности на фоне снижения вклада автономного контура регуляции (HF < LF < VLF) зарегистрировано преобладание влияний церебральных эрготропных механизмов (VLF (43,7 ± 8,5)%). Индекс централизации IC в 2 раза превышал нормальные значения и свидетельствовал о вовлечении в процесс надсегментарных структур.

При анализе реактивности симпатического отдела ВНС в 78,4% случаев выявлена недостаточная (асимпатикотоническая) реактивность, где отношение  $ИН_2/ИН_1$  составляло  $0,4 ± 0,7$ , что могло свидетельствовать о неадекватности активации симпатико-адреналовой системы и функциональной десимпатизации (рис. 1).



Рис. 1. Реактивность отделов вегетативной нервной системы в основной и контрольной группах (активная ортостатическая проба): \* — достоверность различий с группой контроля ( $p < 0,05$ )

При исследовании парасимпатической реактивности у 81,8% атлетов основной группы зафиксировано ее снижение, коэффициент  $K_{30:15}$  при этом составил  $1,14 ± 0,70$  (против  $1,45 ± 0,70$  в контрольной группе,  $p < 0,05$ ), что указывало на ослабление возможностей парасимпатического звена. Таким образом, данные типы реактивности отделов ВНС у спортсменов основной группы указывали на состояние перенапряжения, для которого характерны недостаточность адаптационно-приспособительных механизмов и их неспособность

обеспечить оптимальную адекватную реакцию спортсмена на воздействие нагрузки.

Об участии все более высоких уровней управления также свидетельствовал тот факт, что вегетативное обеспечение деятельности при АОП осуществлялось за счет церебральных эрготропных механизмов — увеличение VLF-компонента до  $(61,5 ± 1,5)\%$  при снижении LF с  $(39,2 ± 8,7)$  до  $(34,2 ± 1,6)\%$ , в то время как в группе контроля вегетативное обеспечение осуществлялось за счет симпатического отдела ВНС (прирост показателя LF на 28,1%,  $LF > VLF$ . Показатель LF/HF увеличился в 2 раза, что было ниже условной нормы и достоверно ниже значений в группе контроля, в которой он увеличился в 4 раза ( $p < 0,05$ ). Недостаточная активация симпатического отдела сопровождалась резким снижением общей мощности спектра после АОП (TP ( $845 ± 64$ ) против  $(1191 ± 126)$  мс<sup>2</sup>/Гц группы контроля,  $p < 0,05$ ), что было также ниже условно допустимых норм и подтверждало уменьшение резервных возможностей регуляторного механизма (см. табл. 1).

Для проведения немедикоментозной коррекции основная группа была разделена на две подгруппы: подгруппа А — 18 спортсменов, получавших ТЭС-терапию в комплексе с игровым биоуправлением; подгруппа В — 19 спортсменов, получавших только ТЭС-терапию. По данным анализа ВСР, у всех обследуемых произошло достоверное изменение ( $p < 0,05$ ) показателей вегетативного статуса (табл. 2).

Таблица 2  
Показатели спектрального анализа и структура спектральной мощности в подгруппах до и после коррекции (фоновая запись и активная ортостатическая проба)

Показатель	До коррекции		После коррекции	
	ФЗ	АОП	ФЗ	АОП
Подгруппа А				
TP, мс <sup>2</sup> /Гц	1054 ± 225	799 ± 125	6045 ± 184*	2531 ± 81*
LF/HF, усл. ед.	2,7 ± 1,7	6,6 ± 0,3	0,46 ± 0,5*	3,4 ± 0,2*
VLF, %	44,2 ± 3,2	57,6 ± 3,6	25,3 ± 0,2*	29,3 ± 0,2
LF, %	38,6 ± 8,8	37,1 ± 1,4	23,9 ± 1,4*	54,3 ± 2,5
HF, %	14,2 ± 0,7	5,6 ± 0,4	48,3 ± 0,7*	16,3 ± 3,1
IC	5,8 ± 0,7	—	1,0 ± 0,1*	—
Подгруппа В				
TP, мс <sup>2</sup> /Гц	1236 ± 113	891 ± 34	4931 ± 81*	1125 ± 67
LF/HF, усл. ед.	2,8 ± 1,1	7,6 ± 0,4	1,0 ± 0,4*	4,2 ± 0,5
VLF, %	42,6 ± 8,5	48,4	30,8 ± 5,7*	24,6 ± 1,7
LF, %	40,8 ± 7,4	45,1	31,3 ± 1,6*	60,8 ± 2,4
HF, %	15,1 ± 0,4	6,5 ± 0,4	31,1 ± 1,4*	14,4 ± 5,3
IC	5,5 ± 0,7	—	1,9 ± 0,3*	—

\* Достоверность различий в показателях до и после коррекции ( $p < 0,05$ ).

Как видно из табл. 2, в обеих подгруппах произошло достоверное снижение показателя LF/HF, что свидетельствовало о нормализации вегетативного тонуса, более значимое в подгруппе А, где показатель LF/HF составил  $0,46 \pm 0,5$  против  $1,0 \pm 0,4$  в подгруппе В ( $p < 0,05$ ). В структуре спектра отмечалось достоверное снижение VLF-компонента до условной нормы ( $25,3 \pm 0,1$ ) и ( $30,8 \pm 5,7$ )% соответственно) и снижение вклада симпатической регуляции (LF). Индекс централизации в подгруппе В имел нормальные значения, а в подгруппе А расценивался уже как преобладание автономного контура (IC ( $1,0 \pm 0,1$ ) усл. ед.,  $p < 0,05$ ), что говорило о переходе вегетативной регуляции с центрального на более низкие уровни управления. При детальной оценке в подгруппе А, получавшей комплексное воздействие ТЭС-терапии с игровым биоуправлением, зафиксирован переход на парасимпатический тип регуляции (LF/HF ( $0,35 \pm 0,3$ )) в достоверно большем числе случаев (27,8 против 5,3%,  $p < 0,05$ ), чем в подгруппе В (рис. 2).



Рис. 2. Состояние исходного вегетативного тонуса в подгруппах после коррекции: \* — достоверность различий с группой контроля ( $p < 0,05$ )

При оценке динамики процентного вклада волн парасимпатического отдела также получены статистически значимые отличия в подгруппе А, где прирост волн HF-диапазона составил 34% против 16% в подгруппе В ( $p < 0,05$ ). Кроме того, у всех испытуемых отмечено резкое увеличение общей мощности спектра, более выраженное в подгруппе А (TP ( $6\,045 \pm 184$ ) и ( $4\,931 \pm 81$ )  $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ,  $p < 0,05$ ), что можно расценивать как улучшение функционального состояния [8]. Следовательно, по оценке результативности коррекции по динамике вегетативного тонуса в подгруппах, изменения указанных параметров были од-

нонаправленными, однако достоверно более выраженными в подгруппе комплексного воздействия.

После коррекции имели место позитивные сдвиги в вегетативной реактивности в обеих подгруппах, которые не имели достоверных различий между собой.

Со стороны вегетативного обеспечения деятельности наблюдалась адекватная (LF > HF > VLF) активация симпатического отдела, и оно осуществлялось за счет прироста волн LF-диапазона в обеих подгруппах. Однако статистически значимые сдвиги зафиксированы в постнагрузочном периоде в подгруппе А, где симпатикотония имела меньшую выраженность (LF/HF  $3,4 \pm 0,2$  против  $4,2 \pm 0,5$  в подгруппе В,  $p < 0,05$ ) и показатель общей мощности спектра TP превышал в 2 раза аналогичный показатель подгруппы В ( $p < 0,05$ ), что являлось свидетельством лучшего функционального состояния ВНС спортсменов подгруппы А (см. табл. 2).

Переход к доминирующей роли более низких уровней управления, снижение напряжения механизмов регуляции можно объяснить в обеих подгруппах воздействием транскраниальной электростимуляции на лимбико-ретикулярный комплекс [6]. Применение в комплексе коррекции игрового биоуправления, обучающего произвольному контролю сердечного ритма, достигаемому за счет релаксации и снижения частоты дыхания [9], способствовало увеличению парасимпатической активности и обеспечило более выраженное действие на показатели вегетативной регуляции. Навыки саморегуляции, полученные в процессе игрового биоуправления, могут быть рассмотрены как возможные средства профилактики вегетативных дисфункций у спортсменов, что имеет большое значение в условиях плотного графика тренировочной и соревновательной деятельности.

## Заключение

В ходе исследования нарушений вегетативного статуса с преобладанием активности симпатического отдела ВНС у спортсменов ациклических видов спорта в структуре спектра было выявлено преобладание волн VLF-диапазона, что характеризовало переход управления регуляцией кровообращения к высшим вегетативным центрам.

У спортсменов, прошедших курс коррекции в виде ТЭС, а также спортсменов, получивших комплексную коррекцию, включающую игровое биоуправление и

ТЭС, установлено достоверное улучшение показателей вегетативного статуса в виде снижения уровня централизации регуляторных механизмов ВНС с увеличением вклада парасимпатического отдела и увеличения общей мощности спектра вариабельности сердечного ритма.

Полученные данные свидетельствуют, что сочетанное использование ТЭС и игрового биоуправления, в котором задействованы механизмы оперантного обусловливания, ведет к достоверно более значительному улучшению показателей вегетативной регуляции.

#### Литература

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М., 2003. 20 с.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65—86.
3. Вейн А.М. Вегетативные расстройства. Клиника, диагностика, лечение. М., 2003. 752 с.
4. Гаврилова Е.А. Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия. М., 2007. 45 с.
5. Иорданская Ф.А., Юдинцева М.С. Мониторинг здоровья и функциональная подготовленность высококвалифици-

рованных спортсменов в процессе учебно-тренировочной работы и соревновательной деятельности. М., 2006. 184 с.

6. Лебедев В.П., Малыгин А.В. Разработка и внедрение в клиническую практику нового метода транскраниальной электростимуляции (ТЭС-терапия). СПб., 2002. С. 134—141.
7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. Иваново, 2005. 200 с.
8. Приходько В.И., Шутикова Е.Н. Показатели вегетативной регуляции как средство в управлении тренировочным процессом // VII Междунар. науч. конгр. «Современный олимпийский спорт и спорт для всех». М., 2003. Т. 2. С. 143—144.
9. Редько Н.Г., Джафарова О.А., Бахтина И.А. Эффективность игрового биоуправления при лечении и реабилитации психосоматических заболеваний // Вестн. НГУ. 2007. Т. 5, вып. 2. С. 33—36.
10. Хаспекова Н.Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1996. 48 с.
11. Штарк М.Б., Джафарова О.А. Компьютерные системы биоуправления: тенденция развития // Медицинская техника. М., 2002. С. 34—35.
12. Hatch P.J., Borcharding S., German C. Cardiac sympathetic and parasympathetic activity during self-regulation of heat period // Biofeedback and Self-Regulation, 1992. V. 17, № 2. P. 89—10.

Поступила в редакцию 08.12.2009 г.

Утверждена к печати 22.12.2009 г.

#### Сведения об авторах

**И.В. Гувакова** — зав. отделением медико-биологического обеспечения Регионального центра спортивной подготовки «ШВСМ» (г. Новосибирск).

**Л.А. Кузнецова** — канд. мед. наук, старший научный сотрудник НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск).

#### Для корреспонденции

**Гувакова Ирина Вячеславовна**, тел (383) 209-02-84, e-mail: guvakova@rambler.ru