

ДИНАМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЕРДЕЧНОГО РИТМА СПОРТСМЕНОВ В ПРОЦЕССЕ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ

Лунина Н.В.¹, Калинина И.Н.²

¹ ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского», Омск, Россия, natalya-franc@mail.ru

² ФГОУ ВПО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», Омск, Россия, kalininirina@yandex.ru

В статье представлены результаты многолетних исследований вегетативной регуляции сердечного ритма у спортсменов. Проведенный курс нейробиоуправления по β -ритму у спортсменов направлен на обучение и сохранение навыка произвольного улучшения характеристик внимания с соблюдением условия мышечного расслабления (т.е. развитие способности концентрировать и удерживать определенный уровень внимания более продолжительное время без чрезмерного мышечного напряжения). Данный навык формируется при произвольном увеличении и удержании мощности β -ритма, выделенного из общей структуры электроэнцефалограммы и представленного в виде аудиовизуального сигнала биологической обратной связи на экране монитора в режиме реального времени. Изучены особенности изменения мощности, структуры спектра сердечного ритма, колебания коэффициента вагосимпатического баланса спортсменов на различных этапах нейробиоуправления в зависимости от исходной вегетативной регуляции деятельности сердца исследуемых. Определены этапы нейробиоуправления по β -ритму, на которых формируется оптимальное функционирование сердечной деятельности у спортсменов с различиями в ее вегетативной регуляции.

Ключевые слова: нейробиоуправление, β -ритм, спортсмены, спектральный анализ ритма сердца

DYNAMIC CHANGES OF SPECTRAL ANALYSIS OF HEART RATE OF ATHLETES IN NEUROBIOFEEDBACK

Lunina N. V.¹, Kalinina I.N.²

¹ Omsk State University. FM Dostoevsky, Omsk, Russia, natalya-franc@mail.ru

² Siberian Academy of Physical Culture, Omsk, Russia, kalininirina@yandex.ru

The article presents the results of long-term studies of the autonomic regulation of the heart rate in athletes. Conducting courses neurobiofeedback of β - the rhythm of the athletes, aims to educate and preserve skills improve the performance of any attention to compliance with the terms of muscle relaxation (ie. E. The development of the ability to concentrate and retain a certain level of attention for a longer time without being accompanied by excessive muscle tension). This habit is formed at an arbitrary magnification and retention capacity β - the rhythm extracted from the overall structure of the electroencephalogram and represented as an audiovisual signal biofeedback on the screen in real time. Peculiarities of power changes, the structure of the spectrum of heart rate, fluctuations in the coefficient vagosympathetic balance of athletes at different stages neurobiofeedback depending on the source of the autonomic regulation of the heart study.

Keywords: neurobiofeedback β -the rhythm, the athletes, the spectral analysis of heart rhythm

Введение

На современном этапе развития общества биоуправление широко распространено в различных областях жизнедеятельности человека [5, 6, 7]. Нейробиоуправление по β -ритму, направленное на повышение активности в β -диапазоне, способствует усилению церебральной гемодинамики во фронтальных областях головного мозга [8], что в свою очередь предполагает улучшение характеристик внимания при соблюдении условий оптимального нервно-мышечного расслабления [4, 5, 7]. Высокий уровень внимания является залогом успеха практически любой деятельности, но особую значимость оно

приобретает в спортивной практике, в которой достижение высоких спортивных результатов неразрывно связано с невероятными физическими и нервно-психическими нагрузками, предъявляемыми к организму спортсменов.

Цель исследования

Изучение особенностей динамических изменений спектрального анализа сердечного ритма в процессе нейробиоуправления по β -ритму в зависимости от исходного вегетативного тонуса спортсменов.

Материалы и методы исследования

В исследовании участвовали 77 высококвалифицированных спортсменов (КМС, МС, МСМК) в возрасте от 17 до 22 лет, специализирующихся в циклических и ациклических видах спорта (таких как спортивные игры, лыжный спорт, велоспорт, легкая атлетика, тяжелая атлетика, восточные единоборства, гимнастика).

В работе были использованы физиологические и математические методы исследования. Для количественной оценки вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы [1] спортсменов в ходе нейробиоуправления проводился спектральный анализ волновой структуры сердечного ритма с учетом рекомендаций Международного стандарта [9]. Математическая обработка данных осуществлялась с помощью статистического пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc. USA), вычислялись средняя арифметическая величина выборочной совокупности (M), среднее квадратичное отклонение (σ). Оценка достоверности изучаемых показателей проводилась по t -критерию Стьюдента для связанных и несвязанных выборок при уровне значимости $P < 0,05-0,001$. Динамика изменений показателей спектрального анализа ритма сердца имела цифровое представление и оценивалась в процентах по формуле С. Броуди [3].

Для проведения нейробиоуправления использовался программно-аппаратный комплекс «БОСЛАБ» (версия БИ-02) (НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, г. Новосибирск). Управляющим сигналом биологической обратной связи была мощность β -ритма, выделенная из общей структуры электроэнцефалограммы. Наложение электроэнцефалографических электродов осуществлялось по Международной системе «10-20» биполярно в отведениях Fz-Cz, свободный электрод крепился на мочку уха исследуемых, для контроля нервно-мышечного напряжения ниже границы роста волос на лбу при помощи клеящей поверхности располагались миографические электроды, на средний палец ведущей руки крепился температурный датчик для оценки периферического теплового гомеостаза.

Структура сеанса. Испытуемые с открытыми глазами располагались перед экраном монитора компьютера, на котором в режиме online был представлен управляющий сигнал (β -ритм). Перед спортсменами ставилась задача произвольно увеличить мощность β -ритма при

сохранении оптимального мышечного расслабления с помощью подбора индивидуальной стратегии (мышечная релаксация, дыхательные упражнения, визуализация образов и др.). При достижении поставленной задачи (повышение β -ритма при сохранении мышечного расслабления) раздавался звуковой сигнал, оповещающий о ее однократном выполнении. Таким образом, в ходе сеанса перед спортсменами ставилась следующая задача, — об увеличении частоты звукового сигнала в ходе сеанса. В результате освоения и закрепления данного навыка формировалась способность произвольно повышать уровень внимания и удерживать его продолжительное напряжение без чрезмерного нервно-мышечного напряжения. Сеанс тренинга включал: а) графическую сессию (10 мин), в ней β -ритм был представлен в виде графической изолинии, которую необходимо было увеличивать выше установленного порогового значения; б) игровую сессию («Цветы» или «Автомастер»), составляющей 16 мин, в которой задание оставалось прежним, а увеличение мощности β -ритма было представлено игровым сюжетом в виде скорости роста и раскрытия цветов либо в собирании из паззлов картинки выбранного автомобиля.

Курс состоял из 10 сеансов, проводимых ежедневно, преимущественно в первой половине дня. На различных этапах курса (начало, середина, окончание) осуществлялся физиологический мониторинг состояния спортсменов с оценкой вариабельности сердечного ритма. Все данные собраны с соблюдением биоэтических требований к научным исследованиям.

Результаты исследования и их обсуждение

Перед прохождением курса нейробиоуправления по β -ритму был проведено исследование вегетативной регуляции, по результатам которого осуществлено разделение спортсменов на три группы в зависимости от исходного вегетативного тонуса по методике Вейна [2]. В 1-ю группу отнесли спортсменов с преобладанием парасимпатической активности в функционировании ритма сердца (группа ваготоников, $n=30$), во 2-ю группу вошли спортсмены с равномерным вкладом симпатического и парасимпатического влияния на сердечный ритм (группа эйтоников, $n=37$) и в 3-ю группу — спортсмены с преобладанием симпатической активности (группа симпатотоников, $n=10$).

На начальном этапе курса нейробиоуправления рассматривались исходные значения показателей спектрального анализа ритма сердца в изучаемых группах, на последующих этапах (в середине и завершении курса) оценивались темпы прироста показателей (табл. 1) по Броуди [3].

Результаты прироста (в %) показателей спектрального анализа ритма сердца в группах спортсменов при прохождении курса нейробиоуправления по β -ритму

Показатели	Начало курса (исходные значения)			Темпы прироста (%)					
				Середина курса			Окончание курса		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа
TP, мс ²	6909,2±10,1	2648,2±3,5	1007,0±1,3	-36,8	-10,3	97,4	-1,6	64	42,7
VLF,%	25,5±0,6	39,8±0,8	41,6±0,8	7,6	-9	-30	-8,5	5,3	-51,8
LF,%	21,1±0,4	25,9±0,6	34,1±0,8	24	12	-70,6	11,5	-1,5	81,2
HF,%	56,7±0,7	29,8±0,7	24,3±0,7	-17	5,2	74	-0,2	4,6	86,2
LF/HF, усл.ед.	0,4±0,01	1,6±0,1	1,1±0,1	47	-59	-33	9,8	-52	-128

В **1-й группе** спортсменов изначально отмечаются наиболее высокие значения общей мощности спектра (TP, мс²), что характеризует наилучшее функциональное состояние сердечно-сосудистой системы среди рассматриваемых групп спортсменов. Половину спектра сердечного ритма составляет мощность волн высокой частоты (HF,% = 56,7±0,7), вторую половину составляют волны низкой (LF,% = 21,1±0,4) и очень низкой частоты (VLF,% = 25,5±0,6), внесших в структуру спектра практически равнозначный вклад. Коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF = 0,40±0,01 у.е) смещен в сторону преобладания парасимпатических влияний на ритм сердца.

К середине курса β -тренинга у спортсменов 1-го группы в структуре спектра сердечного ритма происходит увеличение вклада медленноволнового регуляторного влияния на функционирование сердечной деятельности, при этом вклад волн VLF,% возрастает практически на 7%, а волн LF,% — на 24% от исходных величин. Вместе с тем отмечена тенденция снижения активности симпатических влияний продолговатого мозга на сердечный ритм, оцениваемая по уменьшению показателя LF,% на 17%, что нашло свое отражение в увеличении темпа прироста на 47% коэффициента вагосимпатического баланса по сравнению с начальным этапом курса нейробиоуправления. Общая мощность спектра при этом значительно снижается практически на 37%. На наш взгляд, вышеописанная динамика показателей спектрального анализа сердечного ритма связана с перестройкой в регулировании сердечного ритма и переходом его на автономный уровень.

Это предположение нашло свое подтверждение при рассмотрении темпов прироста изучаемых показателей, полученных на заключительном этапе нейробиоуправления по β -ритму. Так, к начальным значениям вернулись показатель общей мощности спектра (TP, мс²), что, на наш взгляд, свидетельствует об окончании перестройки в уровне регулирования

сердечного ритма. Наряду с вышеперечисленным приобрела исходное значение мощность волн высокой частоты (HF,%) в сочетании с практически равноценным перераспределением вкладов в структуру спектра сердечного ритма волн следующего порядка — умеренного возрастания мощности волн LF,% (на 11,5%) и одновременного снижения мощности волн VLF,% на 8,5%. Вагосимпатический баланс отражал умеренно возросшую активацию (LF/HF = 9,8%) симпатических влияний на сердечный ритм в группе спортсменов-ваготоников.

Начальные значения общей мощности спектра у **спортсменов 2-й группы** характеризуются средними значениями (TP, $\text{mc}^2 = 2648,2 \pm 3,5$). В структуре спектра сердечного ритма вклад мощности волн высокой частоты (HF, % = $29,8 \pm 0,7$) и волн низкой частоты (LF, % = $25,9 \pm 0,6$) приблизительно одинаков, с превалированием вклада мощности очень низкой частоты (VLF, % = $39,8 \pm 0,8$). Это свидетельствует об умеренной активации центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов в регуляции сердечного ритма. Коэффициент вагосимпатического баланса находился в диапазоне, незначительно превышающем средние величины (LF/HF, = $1,61 \pm 0,1$ у.е.).

К середине курса нейробиоуправления по β -ритму во 2-й группе спортсменов отмечалось некоторое снижение (на 9%) вклада волн очень медленноволновой активности (VLF,%) в структуру спектра сердечного ритма. Волны низкой (LF,%) и высокой частоты (HF,%) имели тенденцию к увеличению на 12% и 5,2% соответственно. Общая мощность спектра (TP, mc^2) снизилась на 10,3%, при этом коэффициент LF/HF значительно сместился в сторону преобладания парасимпатических влияний.

Заключительный этап тренинга по β -ритму во 2-й группе спортсменов характеризовался некоторым повышением мощности волн как высокой частоты (HF, % = 4,6%), так и мощности волн VLF,% на 5,3%. Однако при этом сохранялось значительное превалирование парасимпатических влияний на сердечную деятельность по коэффициенту LF/HF (ТП = -52%). Необходимо отметить, что темпы прироста по общей мощности спектра (TP, mc) возросли на 64%. Данное обстоятельство свидетельствует о значительном улучшении функционального состояния сердечно-сосудистой системы во 2-й группе спортсменов, произошедшем под влиянием нейробиоуправления по β -ритму.

Группа спортсменов с преимущественным влиянием симпатического отдела нервной системы на регуляцию ритма сердца (**3-я группа**) на начальном этапе нейробиоуправления характеризовалась превалированием в структуре спектра сердечного ритма мощности волн очень низкой частоты (VLF, % = 41,6%) и мощности волн низкой частоты (LF, % = 34,1) (табл. 1), отражающих активизацию симпатических центров, а также повышение централизации в управлении сердечным ритмом. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы по показателю TP, mc^2 ($1007,0 \pm 1,3$) значительно снижено. Уже к

середине курса нейробиоуправления в данной группе спортсменов отмечалось положительное влияние тренинга по β -ритму на регуляцию сердечного ритма. Так, значительно уменьшился показатель мощности волн низкой частоты (LF,%) на 70,6% и мощности волн очень низкой частоты (VLF,%). Мощность волн высокой частоты (HF,%), отражающих активность парасимпатического кардиоингибиторного центра продолговатого мозга, при этом увеличилась на 74% от исходных величин. Общая мощность спектра (TP, mc) значительно возросла (на 97,4%).

Сравнительный анализ полученных в процессе курса нейробиоуправления показателей позволил выявить следующее: к завершению курса в структуре спектра нарастает мощность волн высокой частоты (HF,%) и волн низкой частоты (LF,%) на 86,2% и 81,2% соответственно; снижается уровень централизации в управлении сердечным ритмом, (VLF уменьшается на 51,8%), уменьшается влияние симпатических влияний по показателю LF/HF (на 128% от исходных величин). Показатель общей мощности спектра увеличивается на 42,7%, что расценивается как улучшение функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов.

Заключение

В процессе прохождения спортсменами курса β -тренинга, направленного на оптимизацию уровня внимания, осуществляемого без чрезмерного мышечного напряжения, в церебральных структурах произошли функциональные межсистемные изменения на различных уровнях регуляции. В функционировании и управлении сердечным ритмом произошли модификации мощности спектра, структурного распределения мощности волн различной частоты, смещение коэффициента вагосимпатического баланса у спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом на разных этапах курса нейробиоуправления по β -ритму.

Так, у спортсменов 1-й и 2-й группы формирование функциональных перестроек в регуляции сердечным ритмом осуществляется в середине курса нейробиоуправления, достигая оптимальных величин к окончанию курса. В 3-й группе спортсменов анализ общей мощности и структуры спектра сердечного ритма к заключительному этапу тренинга отражает интенсивное разнонаправленное влияние всех уровней регуляции, свидетельствующее о незавершенности становления механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы в процессе курса нейробиоуправления по β -ритму.

Полученные данные позволяют определить оптимальные сроки адаптации сердечно-сосудистой системы в зависимости от исходного вегетативного тонуса в ходе нейробиоуправления по β -ритму, направленного на улучшение характеристик внимания спортсменов.

Список литературы

1. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. — М.: Медицина, 1997. — 320 с.
2. Вегетативные расстройства: Клиника, лечение, диагностика / Под ред. А.М. Вейна. — М.: Медицинское информационное агентство, 2003. — 752 с.
3. Гужаловский А.А. Этапность развития физических (двигательных) качеств и проблема оптимизации физической подготовленности детей школьного возраста: автореф. дис. ...д-ра пед. наук / А.А. Гужаловский. — Минск; Челябинск, 1978. — 42 с.
4. Джафарова О.А. Игровое биоуправление как технология профилактики стресс-зависимых состояний/ О.А. Джафарова, О.Г. Донская, А.А. Зубков // Биоуправление-4: теория и практика / ЦЭРИС. — Новосибирск, 2002. — С. 86–95.
5. Джафарова О.А. Клинический анализ использования нейробиоуправления (электроэнцефалографического бета-стимулирующего тренинга) для коррекции дефицита внимания и гиперактивности / О.А. Джафарова // Биоуправление-4: теория и практика / ЦЭРИС. — Новосибирск, 2002. — С. 108–116.
6. Тристан В.Г. Нейробиоуправление в спорте: монография / В.Г. Тристан, О.В. Погадаева; СибГАФК. — Омск: Изд-во СибГАФК, 2001. — 136 с.
7. Штарк М.Б. Игровой компьютерный реабилитационный тренинг — альтернативная валеологическая технология / М. Б. Штарк // Здоровье человека XXI века: I межрегион. науч.-практ. конф. 22–25 мая 2000 г. / СГМУ. — Томск, 2000. — С. 168–170.
8. Budzynski T.H. Reversing age-related cognitive decline: use of neurofeedback and audio-visual stimulation / T.H. Budzynski, H. K. Budzynski // Biofeedback. - 2000. - Vol. 28, № 3. - P. 19-21.
9. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. — 1996. — № 93. — P. 1043 – 1065.

Рецензенты:

Корягина Юлия Владиславовна, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», Омск, Россия;

Кудря Ольга Николаевна, д.б.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», Омск, Россия.