

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ β -СТИМУЛИРУЮЩЕГО ТРЕНИНГА У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА

Н.В. Лунина^{1,2}, natalya-franc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1782-3217>

С.В. Нопин¹, work800@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

О.Н. Акимкина¹, randomrecords@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5394-3166>

¹ Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр

Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия

² Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

Аннотация. Цель: изучение особенностей функционирования вегетативной нервной системы у спортсменов с различным характером спортивной деятельности при обеспечении эффективной стратегии бета-стимулирующего тренинга. **Материалы и методы.** Эффективность β -стимулирующего тренинга оценивали по наименьшему значению индекса соотношения θ -ритма головного мозга к β -ритму / индекса внимания (θ/β , у. е.); определяли долю β -ритма (%) в ЭЭГ, также определяли показатели вариабельности сердечного ритма, для оценки межсистемного взаимодействия применяли корреляционный анализ. В период с 2005 г по 2023 г исследованы юноши-спортсмены в возрасте 18–22 лет ($n = 1020$), распределённые по направленности тренировочного процесса на 5 групп по видам спорта: 1 – циклические ($n = 387$); 2 – скоростно-силовые ($n = 255$); 3 – единоборства ($n = 31$); 4 – игровые ($n = 173$); 5 – сложно-координационные ($n = 174$). **Результаты.** Выделены особенности стратегии достижения эффективности в тренинге: преимущественно игровой вид сессий; доля β -ритма в ЭЭГ составляет от 45 до 60 %; незначительная и умеренная степень взаимодействия β -ритма, индекса внимания (θ/β , у. е.) с индексом напряжения регуляторных систем, вегетативный тонус в диапазоне нормотонии. **Заключение.** Стратегия достижения эффективности в β -стимулирующем тренинге имеет особенности вегетативной регуляции в зависимости от характера спортивной деятельности, вида сессии с биологической обратной связью, этапа курса.

Ключевые слова: эффективная стратегия, нервная система, вегетативная нервная система, спортсмены, нейробиоуправление, β -ритм головного мозга, функциональные системы, механизмы регуляции, тренировочный процесс, виды спорта

Для цитирования: Лунина Н.В., Нопин С.В., Акимкина О.Н. Особенности вегетативной регуляции при достижении эффективной стратегии β -стимулирующего тренинга у спортсменов различных видов спорта // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 36–41. DOI: 10.14529/hsm24s105

AUTONOMIC REGULATION OF EFFECTIVE BETA-STIMULATION IN ATHLETES OF VARIOUS SPORTS

N.V. Lunina^{1,2}, natalya-franc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1782-3217>

S.V. Nopin¹, work800@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

O.N. Akimkina¹, randomrecords@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5394-3166>

¹ North Caucasus Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia

² Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, Russia

Abstract. Aim. This study aims to explore the autonomic nervous system's function in athletes across various sports, with a focus on the development of an effective strategy for beta stimulation. **Materials and methods.** The methodology involved assessing the effectiveness of beta stimulation by the ratio of theta/beta rhythm and the attention index, as well as analyzing the beta rhythm share in EEG. Additionally, heart rate variability indices were identified, and correlation analysis was employed to evaluate the interaction between different physiological systems. The study sample consisted of 1020 young male athletes aged 18-22 years, categorized into five groups based on their sport: cyclic sports (n = 387); speed-strength sports (n = 255); single combat (n = 31); team sports (n = 173); and complex coordination sports (n = 174). The study took place between 2005 and 2023. **Results.** The findings revealed features of the strategy for achieving effectiveness in training, including a preference for game sessions and a beta rhythm share in EEG ranging from 45 to 60%. The study also demonstrated an insignificant to moderate interaction between the beta rhythm, attention index, and stress index, with the autonomic tone remaining within the normotonic range. **Conclusion.** The effectiveness of beta stimulation is influenced by specific autonomic regulation characteristics, which vary depending on the sport, the type of biofeedback session, and the stage of the training course.

Keywords: effective strategy, nervous system, autonomic nervous system, neurofeedback, beta rhythm, functional system, regulation mechanism, training process, sports

For citation: Lunina N.V., Nopin S.V., Akimkina O.N. Autonomic regulation of effective beta-stimulation in athletes of various sports. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(S1):36–41. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s105

Введение. Нейробиоуправление посредством оперантного обусловливания обучает навыкам управления физиологическими параметрами организма для целенаправленного изменения его функций [1, 5], а изменяющаяся при этом пластичность нейронных сетей оказывает совокупное влияние на фундаментальные ритмические механизмы [1]. Модификация нейродинамики оптимизирует функционирование центральной нервной системы [4] и вегетативную регуляцию (ВР) висцеральных систем организма [5, 6]. В то же время тип ВР у спортсменов помимо прочих факторов обусловлен спецификой тренировочной направленности [4]. Изучение особенностей ВР при обеспечении эффективной стратегии тренировок с БОС по ритмам головного мозга раскрывает возможности целенаправленного моделирования психофизиологического состояния [3, 6].

Цель работы: изучение особенностей функционирования вегетативной нервной системы у спортсменов с различным характером спортивной деятельности при обеспечении эффективной стратегии β -стимулирующего тренинга.

Материалы и методы. Представленные результаты получены при изучении особенностей ВР по показателям variability сердечного ритма (ВСР), проводившемся на 1, 5 и 10-м сеансах курса нейробиоуправления по β -ритму головного мозга (β -тренинга) у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса. В период с 2005 г. по 2023 г. на базах НИИ «Деятельности в экстремальных условиях» СибГУФК (Омск), ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск), СибАДИ (Омск), РГУФКСМиТ (Москва), СКФНКЦ ФМБА России (Ессентуки) исследованы юноши-спортсмены в возрасте 18–22 лет (n = 1020),

распределённые по направленности тренировочного процесса на 5 групп по видам спорта: 1 – циклические (n = 387); 2 – скоростно-силовые (n = 255); 3 – единоборства (n = 31); 4 – игровые (n = 173); 5 – сложно-координационные (n = 174). Определялись показатели: мода, амплитуда моды, вариационный размах, индекс напряжения регуляторных систем (ИН, у. е.), тип вегетативной регуляции по значениям ИН. Исследование проводилось с одобрения локального этического комитета ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России (протокол № 1 от 10.02.2022 г.). Все участники дали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации.

Курс β -тренинга включал 10 сеансов, состоящих из графической и игровой сессий [2, 6], и заключался в поиске стратегии повышения β -ритма головного мозга при произвольном мышечном расслаблении.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью пакета анализа Statistica 13,0. В среднегрупповых показателях учитывались значения медианы (Me), первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей. Межсистемные взаимодействия нервной системы определяли методом корреляции Пирсона. Нормальность распределения проверя-

лась по тесту Шапиро – Уилка. Сравнение показателей проводилось по непараметрическому Т-критерию Вилкоксона.

Результаты. В курсе β -тренинга у спортсменов определялись периоды и вид сессий, при которых наблюдались наименьшие значения показателя θ/β (у. е.), отражающие эффективность выполнения заданий по подбору стратегии подъема β -ритма, связанного с функцией внимания при условии произвольного мышечного расслабления (табл. 1).

Достижение эффекта курса β -тренинга по улучшению функций внимания (эффективность оценивалась по показателю θ/β , у. е.) у спортсменов было обусловлено направленностью тренировочного процесса, количеством сеансов и видом игровой сессии (см. табл. 1): в 1-й группе (циклические виды) – в 10-м сеансе игровой сессии; во 2-й группе (ациклические виды) – в 5-м сеансе (графическая и игровая сессии); в 3-й (единоборцы) и 4-й (игровые виды) – на всех этапах наблюдения (1, 5, 10-й сеансы), что, вероятно, связано с большей вариативностью стратегий по достижению спортивного результата; в 5-й группе (сложно-координационные виды) – на 5-м и 10-м сеансах. Наилучшие показатели эффективности (θ/β , у. е.) проводимого тренинга сочетались с 45–60 % распределением β -ритма (%) в спектре ЭЭГ (см. табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Периоды достижения эффективности в курсе β -тренинга у спортсменов с различным характером спортивной деятельности (по показателю θ/β , у. е.) / доля β -ритма (%) в структуре ЭЭГ
Effective periods in beta stimulation training in athletes of different sports (according to θ/β index, c. u.) / beta rhythm share (%) in the EEG structure

Группы спортсменов Group	№ сеанса Session no.	Вид сессий Type of session	Показатели ЭЭГ / EEG indices	
			θ/β , у. е. Медиана (Q1; Q3) θ/β , c.u. Median (Q1; Q3)	β , % Медиана (Q1; Q3) β , % Median (Q1; Q3)
1	X	Игровая / Game	0,57 (0,48; 1,3)	50,6 (38; 60)
2	V	Графическая Graphic	0,53 (0,33; 1,06)	55 (42,40; 63)
	V	Игровая / Game	0,40 (0,29; 0,99)	49 (36; 65)
3	I	Игровая / Game	0,83 (0,64; 1,02)	45,42 (42,01; 48,83)
	V	Графическая Graphic	0,84 (0,78; 0,9)	45,77 (31,54; 60)
	X	Игровая / Game	0,84 (0,51; 1,17)	49,5 (38; 61)
4	I	Игровая / Game	0,63 (0,62; 0,64)	48,83 (48,1; 51)
	V	Игровая / Game	0,53 (0,37; 0,88)	60 (45; 64,5)
	X	Игровая / Game	0,66 (0,55; 1,23)	46,5 (43,5; 61)
5	V	Игровая / Game	0,73 (0,73; 0,75)	45 (42,5; 54,5)
	X	Игровая / Game	0,5 (0,47; 0,59)	58 (49; 59)

Примечание: ЭЭГ – электроэнцефалограмма; θ , β – ритмы головного мозга.

Note: EEG – electroencephalogram; θ , β – brain rhythms.

Таблица 2
Table 2Корреляционные взаимосвязи ИН с показателями θ/β и β , % у спортсменов при β -тренинге
Correlations of the SI with θ/β and β (%) in athletes during beta stimulation

Группы спортсменов Group	№ сеанса Session no.	Вид сессий Type of session	Корреляционные взаимосвязи ($r =$) Correlations ($r =$)	
			ИН- θ/β SI- θ/β	ИН- β , % SI- β , %
1	X	Игровая / Game	-0,2	0,23
2	V	Графическая Graphic	0,45	-0,46
	V	Игровая / Game	0,42	-0,36
3	I	Игровая / Game	0,27	-0,28
	V	Графическая Graphic	0,25	-0,25
	X	Игровая / Game	1,0	-0,9
4	I	Игровая / Game	-0,12	0,37
	V	Игровая / Game	0,09	0,35
	X	Игровая / Game	0,43	-0,15
5	V	Игровая / Game	-0,07	0,35
	X	Игровая / Game	0,107	-0,02

Достижение эффективности β -тренинга у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса сопровождается значимыми корреляционными взаимосвязями изучаемых ЭЭГ-показателей ($\beta\%$; θ/β у.е.) с ИН. Сильные взаимосвязи между показателями ИН- θ/β ($r = 1,0$) и ИН- β , % ($r = -0,9$) отмечены на 10-м игровом сеансе у единоборцев (табл. 2).

ВР, обеспечивающая эффективную стратегию β -тренинга, имеет общие свойства и особенности, зависящие от характера спортивной деятельности. К общим свойствам для всех групп следует отнести повышение гуморально-метаболического фона (по показателю моды), связанное, вероятно, с эффектами усиления нейромедиаторной активности в лобной доле и премоторной зоне головного мозга [1, 2], улучшением гемодинамики и повышением метаболизма фронтальных отделов головного мозга [7]. Для всех, кроме 3-й группы, характерна оптимальная или умеренная активация симпатического отдела нервной системы по показателям амплитуды моды и ИН, отражающих состояние нормотонии. Единоборцы

(3-я группа) на 1-м и 5-м сеансах тренинга демонстрировали стратегию достижения эффективности в состоянии симпатикотонии с последующей оптимизацией и переходу к состоянию нормотонии к 10-му сеансу при стабильном сохранении уровня эффективности (θ/β в диапазоне 0,83–0,84 у. е.) на всем протяжении курса.

Заключение. Динамика ВР при достижении эффективной стратегии в β -тренинге зависит от характера спортивной деятельности, вида сессии с БОС и этапа курса. Достижение эффективной стратегии сопровождается оптимизацией функционирования нервной системы, повышением кортикальной устойчивости, увеличением системных взаимосвязей. По-видимому, подобное формирование стратегии достижения эффективности в заданной деятельности может способствовать переносу выработанных навыков из виртуальной среды на профессиональную (спортивную) сферу. Выявленные эффекты приобретают высокую актуальность в вопросах повышения нервно-психической работоспособности и устойчивости в спорте.

Список литературы

1. Джос, Ю.С. Возможности применения нейробиоуправления для повышения функциональных способностей головного мозга (обзор) / Ю.С. Джос, И.А. Меньшикова // Журн. мед.-биол. исследований. – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 338–348. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338
2. Исайчев, С.А. Использование БОС-технологии в практической психологии / С.А. Исайчев // XX съезд Физиологического общества им. И.П. Павлова: тез. докл., 2007. – С. 211–212.
3. Лунина, Н.В. Влияние нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы спортсменов с разным характером двигательной

деятельности / Н.В. Лунина, Ю.В. Корягина // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. – 2023. – Т. 100, № 2. – С. 45–51. DOI: 10.17116/kurort202310002145

4. Лунина, Н.В. Внутригрупповые корреляционные связи у студентов с различным исходным вегетативным тонусом, обучающихся в режиме повышенной двигательной активности / Н.В. Лунина, Л.Г. Харитоновна // *Журнал Российской ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов*. – 2007. – № 2. – С. 34.

5. Лунина, Н.В. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма спортсменов при нейробиоуправлении по бета-ритму головного мозга / Н.В. Лунина, Ю.В. Корягина // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. – 2023. – Т. 100, № 3–2. – С. 120–121.

6. Особенности функционального состояния центральной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса / О.И. Коломиец, Н.П. Петрушкина, Е.В. Быков, И.А. Якубовская // *Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта*. – 2017. – Т. 12, № 2. – С. 217–225.

7. Успенский, А.Л. Коррекция синдрома дефицита внимания и гиперактивности методом компьютерного биоуправления / А.Л. Успенский, А.Н. Субботкина // *Вестник восстановит. медицины*. – 2010. – № 4. – С. 28–31.

References

1. Dzhos Yu.S., Men'shikova I.A. [Possible Use of Neurofeedback to Increase the Functional Capacity of the Brain (Review)]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research], 2019, vol. 7, no. 3, pp. 338–348. (in Russ.) DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338

2. Isaychev S.A. [Biofeedback Technology in Practical Psychology]. *XX s'ezd Fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova: tez. dokl.* [XX Congress of the I.P. Pavlov Physiological Society. Abstracts], 2007, pp. 211–212. (in Russ.)

3. Lunina N.V., Koryagina Yu.V. [Impact of Neurobiofeedback by Beta Rhythm of the Brain on the Functional State of Cardiovascular System of Athletes with Different Motor Activity]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury* [Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy], 2023, no. 100 (2), pp. 45–51. (in Russ.) DOI: 10.17116/kurort202310002145

4. Lunina N.V., Kharitonova L.G. [Intragroup Correlations in Students with Different Initial Vegetative Tone, Studying in the Mode of Increased Motor Activity]. *Zhurnal Rossiyskoy associatsii po sportivnoy meditsine i reabilitatsii bol'nykh i invalidov* [Journals of the Russian Association for Sport Medicine and Rehabilitation of Patients and the Disabled], 2007, no. 2, p. 34. (in Russ.)

5. Lunina N.V., Koryagina Yu.V. [Features of the Autonomic Regulation of the Heart Rate of Athletes During Neurofeedback Based on the Beta Rhythm of the Brain]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury* [Issues of Balneology, Physiotherapy and Therapeutic Physical Culture], 2023, vol. 100, no. 3–2, pp. 120–121. (in Russ.)

6. Kolomiets O.I., Petrushkina N.P., Bykov E.V., Yakubovskaya I.A. [Functional State Characteristics of Central Nervous System Among Sportsmen with Different Orientation of the Training]. *Pedagogiko-psikhologicheskiye i mediko-biologicheskiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical-psychological and Medical-biological Problems of Physical Culture and Sports], 2017, vol. 12, no. 2, pp. 217–225. (in Russ.)

7. Uspenskiy A.L., Subbotkina A.N. [ADHD Correction with Computer Biofeedback]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* [Bulletin of Rehabilitation Medicine], 2010, no. 4, pp. 28–31. (in Russ.)

Информация об авторах

Лунина Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия; доцент кафедры физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини, Российский университет спорта, Москва, Россия.

Нопин Сергей Викторович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия.

Акимкина Оксана Николаевна, младший научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия.

Information about the authors

Natalya V. Lunina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasus Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia; Associate Professor of the Sarkizov-Serazini Department of Physical Rehabilitation, Massage and Health-Enhancing Physical Activity, Russian University of Sport, Moscow, Russia

Sergey V. Nopin, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasus Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia;

Oksana N. Akimkina, Junior Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasus Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia;

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.11.2023

The article was submitted 05.11.2023