Дата публикации: 06.05.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_S1_9
УДК 612.821.8; 612.833.8

Publication date: 06.05.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_S1_9
UDC 612.821.8; 612.833.8

МОДИФИКАЦИИ РИТМОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ КУРСА β-ТРЕНИНГА У СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ТРЕНИРОВОЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ

Н.В. Лунина[1,2], Ю.В. Корягина[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. В статье представлены особенности модификации ритмов головного мозга под влиянием курса нейробиоуправления по бета-ритму (β-тренингу) из 10 сеансов, состоящих из графической и игровой сессии, общей продолжительностью 26 минут. По наименьшему значению соотношения тета-ритма к бета-ритму (индекс θ/β, усл.ед.), считающимся электроэнцефалографическим индексом внимания, определены эффективные сессии у спортсменов с различной тренировочной направленностью. Данные о специфике модификации ритмов электроэнцефалограммы и периодах формирования эффективных сессий в курсе β-тренинга могут способствовать повышению эффективности комплексной подготовки и восстановления спортсменов в зависимости от специфики их тренировочной направленности.
Ключевые слова: спортсмены, β-тренинг, ритмы головного мозга, электроэнцефалографический индекс внимания.

MODIFICATIONS OF ELECTROENCEPHALOGRAPHIC RHYTHMS UNDER THE INFLUENCE OF THE β-TRAINING COURSE IN ATHLETES OF DIFFERENT SPORTS

N.V. Lunina[1,2], Yu.V. Koryagina[2]
[1]Russian University of Sports “GTSOLIFK”, Moscow, Russia
[2]FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

Abstract. The article presents features of brain rhythm modification under the influence of beta rhythm neurofeedback course (β-training), including 10 26-minute sessions consisting of graphic and game sections. According to the lowest value of the theta rhythm to beta rhythm ratio (θ/β index, c.u.), which is considered to be an electroencephalographic index of attention, we identified effective sessions for athletes of different sports. The data on the specificity of electroencephalographic rhythm modification and periods of effective session formation in the β-training course may help to increase the efficiency of comprehensive training and recovery of athletes depending on the type of sport.
Keywords: athletes, β-training, brain rhythms, electroencephalographic index of attention.

Введение. Нейробиоуправление по параметрам электроэнцефалограммы (ЭЭГ) оказывает влияние на фундаментальные ритмические механизмы головного мозга посредством направленного изменения нейромодуляторного влияния ствола мозга, формирования новых нейронных ансамблей, повышения пластичности нейронных сетей [1-2]. Вследствие изменения степени биоэлектрической активности головного мозга под влиянием нейробиоуправления происходит нормализация механизмов ее активации, улучшение кортикальной стабильности. Модификация ЭЭГ-ритмов способствует изменению регуляции центральных механизмов, приводя к стабилизации функционирования центральной нервной системы в целом [1-5], благоприятно влияя на эффективность и продуктивность выполняемой деятельности, включая профессиональный спорт [6-9].

Цель исследования: изучить особенности модификации ЭЭГ-ритмов под влиянием курса β-тренинга у спортсменов с различной тренировочной направленностью.

Методы и организация исследования. Исследования проводились в подготовительный период тренировочного цикла у спортсменов-юношей (n=1020) в возрасте 18-21 год, распределенных в зависимости от тренировочной деятельности на 5 групп: 1 группа – спортсмены циклических видов спорта (n=387); 2 группа – спортсмены скоростно-силовых видов спорта (n=255); 3 группа – спортсмены-единоборцы (n=31); 4 группа – спортсмены игровых видов спорта (n=173); 5 группа – спортсмены сложно-координационных видов спорта (n=174). Исследование одобрено решением локального этического комитета ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России (протокол №1 от 10.02.2022 г.). Многолетние исследования проводились на базах НИИ «Деятельности в экстремальных условиях» СибГУФК (г. Омск), ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (г. Омск), СибАДИ (г. Омск), РГУФКСМиТ (г. Москва), ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России (г. Ессентуки).

Курс β-тренинга осуществляли на программно-аппаратном комплексе «БОС-ЛАБ» (Институт молекулярной биологии и биофизики СО РАМН г. Новосибирск, Россия) [3], который состоял из 10 комбинированных сеансов (графическая и игровая сессии). Общая продолжительность каждого сеанса составила 26 минут. Изучались ЭЭГ-ритмы: альфа-ритм (α, %), бета-ритм (β, %), тета-ритм (θ, %), электроэнцефалографический индекс внимания (отношение тета-ритма к бета-ритму, θ/β, усл.ед.). Указанные показатели изучались в графической и игровой сессиях первого, пятого и десятого сеансов β-тренинга.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета анализа Statistica 13, вычислялись значения медианы (Me), первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей изучаемых показателей, оценка достоверности различий выполнялась по Т-критерию Вилкоксона при уровне достоверности $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Курс β-тренинга способствовал достоверной модификации ЭЭГ-ритмов спортсменов с различной тренировочной направленностью (табл. 1, 2), отражая позитивные нейродинамические процессы головного мозга, связанных с изменением корковых и корково-подкорковых связей, нейромодуляторного влияния ствола мозга, улучшением пластичности нейронных сетей, с формированием новых нейронных ансамблей [1, 3].

В ходе первого сеанса β-тренинга, содержащего графическую и игровую сессии, отмечены особенности распределения ЭЭГ-ритмов головного мозга спортсменов в зависимости от тренировочной направленности (табл. 1) (рис. 1-6).

Таблица 1

Изменения ритмов электроэнцефалограммы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса на первом сеансе β-тренинга, Me (Q1; Q3)

Ритмы ЭЭГ, %	Вид сессии	Группы спортсменов				
		1	2	3	4	5
		1 сеанс				
α, %	1	25,5 (23,0;27,0)	21,0 (13,0;27,0)	41,5 (40,0;43,0)	21,0 (15,0;23,0)	23,5 (20,5;25,0)
	2	24,0 (23,0;26,0)	23,0 (17,0;25,0)	25,42 (23,83;27,0)*	21,0 (20,0;23,83)	23,42 (22,0;24,0)

Продолжение таблицы 1

β, %	1	27,0 (23,0;33,0)	52,0 (36,0;72,0)	34,0 (30,0;38,0)	51,0 (24,5;55,0)	30,5 (24,0;45,0)
	2	42,16 (39,14;46,7)*	45,0 (30,0;62,0)	45,42 (42,01;48,83)*	48,83 (48,1;51,0)	43,56 (41,01;46,11)*
θ, %	1	46,0 (40,0;48,0)	27,0 (15,0;37,0)	15,93 (1,86;30,0)	30,0 (26,0;53,0)	41,0 (35,0;51,0)
	2	32,6 (30,66;34,01)	32,0 (20,0;34,61)*	35,67 (27,33;44,0)*	28,0 (27,33;30,2)*	31,0 (27,33;32,9)*
θ/β, усл. ед.	1	1,83 (1,68;1,91)	0,68 (0,25;1,3)	10,03 (1,06;19,0)	1,7 (0,78;2,35)	1,9 (1,43;2,31)
	2	0,91 (0,66;1,13)*	0,84 (0,34;1,58)*	0,83 (0,64;1,02)*	0,63 (0,63;0,64)*	1,11 (0,64;1,13)*

Примечание: ЭЭГ – электроэнцефалограмма; α, β, θ – ритмы головного мозга; θ/β – электроэнцефалографический индекс внимания; 1 – графический вариант сессии; 2 – игровой вариант сессии; * – изменения показателя при уровне достоверности ($p \leq 0,05$)

В структуре ЭЭГ в графической сессии наибольшее распределение α-ритма в 41,5 (40,0;43,0) % отмечается в 3 группе, высокие значения которого могут подтверждать «...гипотезу активации, предполагающей, что альфа-осцилляции выполняют роль зондирующего или контролирующего механизма связи организма с окружающей средой [10], а также участвует в процессе обработки полученной информации [11, 12]...» [13], демонстрация механизма которого наиболее выражена у единоборцев и, вероятно, обусловлена спецификой спортивной адаптации.

Наименьшее значение α-ритма – 21,0 (15,0; 23,0) % представлено у спортсменов 4 группы (игровые виды спорта), что также, вероятно, обусловлено спецификой спортивной адаптации. При этом задания в первом сеансе β-тренинга спортсменами игровых видов спорта воспринимались, вероятно, как игровые, т.е. относительно привычные по специфике их деятельности, соответственно, не вызывающей выраженных изменений альфа-активности. Это согласуется с данными авторов [14], проводивших изучение альфа-активности у спортсменов стрелкового спорта и указывающих на то, что подобная «…картина является следствием автоматизации навыков и «экономии» нервных процессов у квалифицированных спортсменов [15-18]. Предполагается, что в процессе тренировок управление основными стереотипными операциями переходит на более низкие уровни регуляции, за счет чего активация большинства областей коры у опытных стрелков снижается [19]...». К игровой сессии достоверное ($p \leq 0,05$) изменение α-ритма (%) отмечается только в 3 группе, снизившись в 38,7%. В остальных группах изменения ($p \geq 0,05$) произошли следующим образом: в 1 группе – снизился на 5,9%; во 2-й группе – повысился на 9,5%; в 4-й и 5-й группах – стабильные значения без изменений.

Наибольшее распределение β-ритма (%), отражающего реакцию активации и произвольного внимания, в графической сессии отмечено во 2-й и 4-й группах в 52,0 (36,0; 72,0) % и 51,0 (24,5; 55,0) % соответственно. Достоверное повышение ($p \leq 0,05$) β-ритма (%) к игровой сессии отмечается: в 1-й группе – на 9,1% до 42,16 (39,14; 46,7) %; в 3-й группе – на 33,6% до 45,42 (42,01; 48,83) %; в 5 группе – на 42,8% до значений в 43,56 (41,01; 46,11) %. Снижение ($p \geq 0,05$) β-ритма (%) отмечено: во 2-й группе – на 13,5% до значений 45,0 (30,0; 62,0) %; в 4-й группе – на 4,3% до значений 48,83 (48,1; 51,0) %. При этом превалирование β-ритма (%) в ЭЭГ-структуре на первом сеансе β-тренинга независимо от сессии отмечено в

группах 2-5, за исключением спортсменов 1-й группы (циклические виды спорта) (рис. 1а).

Превалирование θ-ритма (%) среди ЭЭГ-ритмов в графической сессии первого сеанса β-тренинга отмечается в 1-й группе (46,0 (40,0; 48,0) %) и 5-й группе (41,0 (35,0; 51,0) %) спортсменов, роль которого связывают с обеспечением синхронизации и совместной работы корково-подкорковых структур, с модуляцией высокочастотных ритмов в реализации систем функции внимания [20], обеспечение которой в зависимости от деятельности имеет разный физиологический и нейрохимический базис [3, 20].

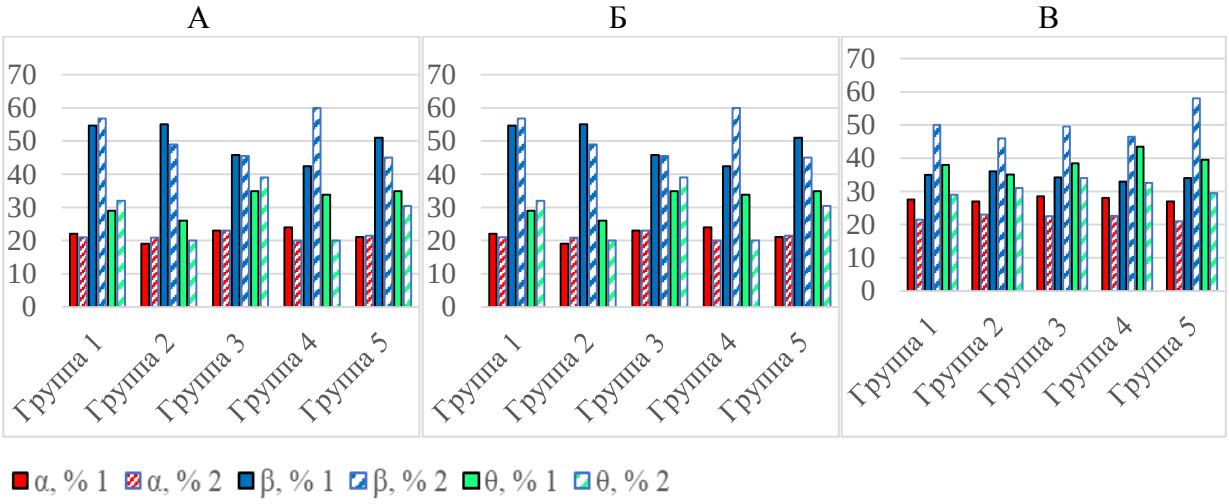


Рис. 1. Динамика распределения ритмов электроэнцефалограммы (%) у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса в курсе β-тренинга
Примечание: а – 1 сеанс β-тренинга; б – 5 сеанс β-тренинга; в – 10 сеанс β-тренинга; 1 – графическая сессия; 2 – игровая сессия

В ходе игровой сессии первого сеанса снижение ($p \leq 0,05$) θ-ритма (%) отмечено: в 4-й и 5-й группах на 6,7% и 24,4%, соответственно, до значений в 28,0 (27,33; 30,2) % и 31,0 (27,33; 32,9) %, при снижении ($p \geq 0,05$) в 29 % у спортсменов 1-й группы. Повышение ($p \leq 0,05$) θ-ритма (%) наблюдалось во 2-й и 3-й группах спортсменов на 18,5% и 123,9% соответственно, до значений в 32,0 (20,0; 34,61) % и 35,67 (27,33; 44,0) % соответственно.

К пятому сеансу β-тренинга в исследуемых группах спортсменов в структуре ЭЭГ-ритмов сформировалось относительно устойчивое распределение с превалированием β-ритма – в диапазоне от 42,4% до 60%; со срединным расположением θ-ритма – в диапазоне от 20% до 39%; наименьшим содержанием α-ритма – в диапазоне от 19,08% до 23,07% (рис. 1б). Сформировавшаяся ЭЭГ-динамика при повышении β-ритма на фоне снижения α- и θ-ритмов отражает состояние повышенной функциональной активности коры головного мозга [21]. При этом, сформированная к пятому сеансу обратная динамика между β- и α-ритмами, по мнению [21] является критерием сформированности навыка самоуправления β-ритмом.

На десятом сеансе β-тренинга у спортсменов отмечаются следующие особенности модификации в структуре ЭЭГ-ритмов. В графической сессии наименьшую долю составляет α-ритм (%) в диапазоне от 26,95% до 28,51%; промежуточное значение – β-ритм (%) в диапазоне от 33% до 36%; наибольшую долю – θ-ритм (%) в диапазоне от 35,1% до 43,5% (рис. 1в), (табл. 2). В игровой сессии десятого сеанса β-тренинга в структуре ЭЭГ-ритмов убедительно превалирует доля β-ритма (%) в диапазоне от 46,5% до 58% со значительным

снижением θ-ритма (%) в диапазоне от 29,0% до 32,55%; уменьшением доли α-ритма (%) в диапазоне от 21,0% до 23% (рис. 1в). Данная картина может свидетельствовать о сформированности навыка эффективного произвольного внимания на фоне повышенной метаболической активности головного мозга.

Динамика показателя θ/β (усл.ед.) – электроэнцефалографического индекса внимания в графической и игровой сессиях курса β-тренинга у спортсменов определена перераспределением β- и θ-ритмов в структуре ЭЭГ и у спортсменов с различной тренировочной направленностью выглядела следующим образом (рис. 2).

Таблица 2

Динамика изменений изучаемых показателей электроэнцефалограммы (%) при прохождении курса β-тренинга у спортсменов с различной тренировочной направленностью

Ритмы ЭЭГ, %	Группы спортсменов				
	1	2	3	4	5
	1 сеанс, %				
α, %	↓5,9%	↑9,5%	↓38,7%*	0%	↓0,3%
β, %	↑9,1%*	↓13,5%	↑33,6%*	↓4,3%	↑42,8%*
θ, %	↓29%	↑18,5%*	↑123,9%*	↓6,7%*	↓24,4%*
θ/β, усл.ед.	↓50,3%*	↑23,5%*	↓91,7%*	↓62,9%*	↓41,6%*
	5 сеанс, %				
α, %	↓4,7%	↑9,6%	↓0,3%*	↓16,5%	↑1,9%
β, %	↑3,9%	↓10,9%	↓0,6%	↑41,5%	↓11,8%
θ, %	↑10,3%	↓23%	↑11,7%	↓40,8%	↓12,6%
θ/β, усл.ед.	↓3,8%	↓24,5*	↑30,9%	↓43%	↓17,8%
	10 сеанс, %				
α, %	↓22%*	↓14,8%*	↓20,9%*	↓19,2%*	↓22%*
β, %	↑44,6%*	↑27,7%*	↑44,5%*	↑40,9%*	↑70,6%*
θ, %	↓23,7%	↓11,7%*	↓11,7%	↓25,2%*	↓25,3%*
θ/β, усл.ед.	↓47,7%*	↑19,3%	↓44,4%*	↓42,6%*	↓54,5%*

Примечание: ЭЭГ – электроэнцефалограмма; α, β, θ – ритмы головного мозга; θ/β – электроэнцефалографический индекс внимания; * – достоверность изменения показателя в диапазоне (до/после) сеанса при уровне достоверности 95% (p≤0,05)

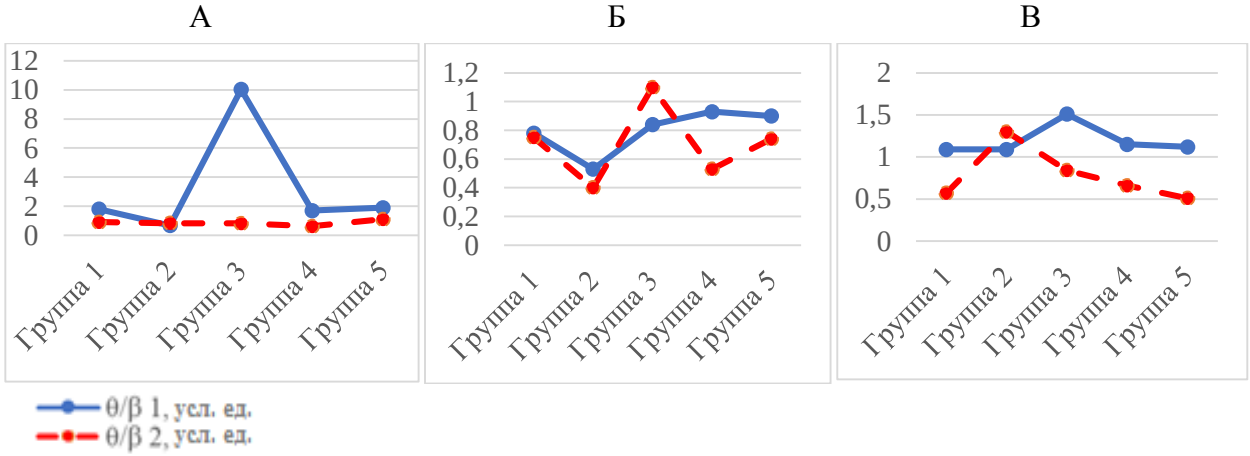


Рис. 2. Динамика показателя θ/β (усл.ед.) у спортсменов с различной тренировочной направленностью в курсе β-тренинга

Примечание: а – 1 сеанс β-тренинга; б – 5 сеанс β-тренинга; в – 10 сеанс β-тренинга; 1 –графическая сессия; 2 – игровая сессия

В графической сессии первого сеанса β-тренинга наименьшие значения θ/β отмечаются во 2-й группе спортсменов скоростно-силовых видов спорта со значением в 0,68 (0,25; 1,3) усл.ед., наибольшие значения в 10,03 (1,06; 19,0) усл.ед. – у спортсменов-единоборцев в 3-й группе. В игровой сессии первого сеанса отмечается снижение ($p \leq 0,05$) показателя θ/β в 1-й, 3-й, 4-й, 5-й исследуемых группах на 50,3%, 91,7%, 62,9%, и 41,6% соответственно, свидетельствуя об эффективности уже одного сеанса β-тренинга. Исключение составили спортсмены 2-й группы (скоростно-силовых видов спорта), в которой показатель повысился ($p \leq 0,05$) на 23,5% до 0,84 (0,34; 1,58) усл.ед. (табл. 1, 2), (рис. 2а).

К игровой сессии пятого сеанса β-тренинга показатель θ/β у спортсменов исследуемых групп, за исключением спортсменов-единоборцев (3-я группа), имеет тенденцию к снижению, отражая эффективность проводимого тренинга и повышение электроэнцефалографического показателя внимания (рис. 2б). Достоверное снижение ($p \leq 0,05$) показателя θ/β на 24,5% отмечено во 2-й группе спортсменов (скоростно-силовых видов спорта) – от 0,53 (0,33; 1,06) усл.ед. до 0,4 (0,29; 0,99) усл.ед.

На десятом сеансе игровой сессии β-тренинга показатель θ/β у спортсменов исследуемых групп, за исключением спортсменов 2-й группы (скоростно-силовых видов спорта), имеет тенденцию к снижению ($p \leq 0,05$) (рис. 2в). Динамика снижения ($p \leq 0,05$) показателя θ/β в 1-й группе составила 47,7%, во 2-й группе – 44,4%, в 3-й группе – 42,6%, в 5-й группе – 54,5%. Повышение показателя на 19,3% наблюдается во 2-й группе спортсменов (табл. 2).

С учетом наименьших значений показателя θ/β были определены наиболее эффективные сессии в курсе β-тренинга у спортсменов с различной тренировочной направленностью: в 1 группе – игровая сессия 10 сеанса; во 2-й группе – графическая и игровая сессии 5 сеанса; в 3-й группе – игровая сессия 1-го сеанса, графическая сессия 5 сеанса, игровая сессия 10 сеанса; в 4-й группе – игровая сессия 1-го сеанса, игровая сессия 5-го сеанса, игровая сессия 10-го сеанса; в 5-й группе – игровая сессия 5-го сеанса, игровая сессия 10-го сеанса.

Заключение. Исходя из свойств пластичности нейронных сетей, курс β-тренинга из 10 комбинированных сеансов, сочетающих графическую и игровую сессии, способствовал модификации ритмов головного мозга, отраженных в их динамике и перераспределении в спектре электроэнцефалограммы спортсменов. В зависимости от специфики тренировочной направленности определены наиболее эффективные сессии в курсе β-тренинга, базирующиеся на оптимизации корково-подкорковых взаимодействий различных отделов головного мозга с формированием новых нейронных ансамблей, связанных, а также способствующих переходу организма на новый, более оптимальный уровень функционирования. Данные о специфике модификации ЭЭГ-ритмов и периодах формирования эффективных сессий в курсе β-тренинга позволят повысить эффективность комплексной подготовки и восстановления спортсменов в зависимости от специфики их тренировочной направленности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джос, Ю. С. Изменение полной мощности бета- и тета-диапазонов при использовании ЭЭГ-биоуправления у младших школьников с трудностями произвольной регуляции / Ю. С. Джос, И. А. Меньшикова // Журн.мед.-биол. исследований. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 331-340. DOI: 10.37482/2687-1491-Z025.
2. Лунина, Н. В. Воздействие БОС-тренинга на когнитивные функции спортсменов / Н. В. Лунина, Ю. В. Корягина // Современные

вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4(21). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_30.
3. Штарк, М. Б. Применение электроэнцефалографического биоуправления в клинической практике (литературный обзор) / М. Б. Штарк, А. Б. Скок // Биоуправление – 3: Теория и практика. Новосибирск, 1998. – С. 131-139.
4. Долецкий, А. Н. Нейрофизиологические механизмы адаптивного биоуправления и пути повышения его эффективности: автореф. дисс. .. д-ра.мед. наук / Алексей Николаевич Долецкий. – Волгоград, 2012 г. – 50 с.
5. Фокина, Ю. О. Возможные механизмы действия биологической обратной связи по электроэнцефалограмме / Ю. О. Фокина, В. Б. Павленко, А. М. Куличенко // Уч. зап. Таврическ. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия. – 2008. – Т. 21(60). – № 1. – С. 107-116.
6. Использование технологий биологической обратной связи в тренировочном процессе боксеров высокой квалификации / Р. М. Муфтахина, А. Л. Линтварев, С. Т. Аслаев, Э. Ш. Шаяхметова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 1810.
7. Психофизиологические закономерности адаптации боксеров высокой квалификации к физическим нагрузкам: монография / Э. Ш. Шаяхметова, Э. Р. Румянцева, Р. М. Муфтахина, А. Л. Линтварев. – Санкт-Петербург: НПЦ ПСИ, 2014. – 176 с.
8. Лунина, Н. В. Взаимосвязи ритмологической активности головного мозга с психомоторными характеристиками у подростков, специализирующихся в водном поло / Н. В. Лунина, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_.
9. Карданов А. Х. Сравнительная характеристика проявления свойств внимания у спортсменов различных специализаций / А. Х. нов, Е. В. Карданова // Вестник магистратуры. – 2016. – № 6(57). – Т. II. – С. 84-86.
10. Эффективность когнитивной деятельности и психоэмоциональное напряжение в разные фазы менструального цикла / Базанова О. М., Кондратенко А. В., Кузьминова О. И. [и др.] // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2013. – Т. 7. – № 99. – С. 280-289.
11. Basar, E. Darwin’s evolution theory, brain oscillations, and complex brain function in a new «Cartesian» view / E. Basar, B. Gntekin // Int. J. Psychophysiol. – 2009. – Vol. 71. – № 1. – P. 2-8. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2008.07.018.
12. Pulsed Out of Awareness: EEG Alpha Oscillations Represent a Pulsed-Inhibition of Ongoing Cortical Processing / Mathewson K. E., Lleras A., Beck D. M. [et al] // Front. Psychol. – 2011. – Vol. 2. – № 5. – P. 179. DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00099.
13. Долецкий, А. Н. Трансформация взглядов на механизм генерации и физиологическую интерпретацию альфа-ритма ЭЭГ / А. Н. Долецкий, Д. А. Докучаев, А. А. Лата // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2019. – № 1. – С. 14-19.
14. Электроэнцефалографические корреляты оптимального функционального состояния головного мозга спортсмена в стрелковом спорте / Д. А. Напалков, П. О. Ратманова, Р. Н. Салихова, М. Б. Коликов // Бюллетень сибирской медицины. – 2013. – Т. 12. – № 2. – С. 219-226.
15. Electroencephalographic studies of skilled psychomotor performance / B. D. Hatfield, A. J. Haufler, T. M. Hung, T. W. Spalding // J. Clin. Neurophysiol. – 2004. – Vol. 21. – № 3. – P. 144-156. DOI: 10.1097/00004691-200405000-00003.
16. Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: Comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters / A. J. Haufler, T.W. Spalding, D.L. Santa Maria, B. D. Hatfield // Biol. Psychol. – 2000. – Vol. 53. – № 2-3. – P. 131-160. DOI: 10.1016/s0301-0511(00)00047-8.
17. Visuomotor expertise and dimensional complexity of cerebral cortical activity / Hung T. M., Haufler A. J., Lo L. C. [et al] // Med. Sci. Sports Exerc. – 2008. – Vol. 40. – № 4. – P. 752-759. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318162c49d.
18. The role of the left temporal region under the cognitive motor demands of shooting in skilled marksmen / Kerick S. E., McDowell K., Hung T. M. [et al] // Biol. Psychol. – 2001. – Vol. 58. – № 3. – P. 263-277. DOI: 10.1016/s0301-0511(01)00116-8.
19. Visuo-attentional and sensorimotor alpha rhythms are related to visuo-motor performance in athletes / Del Percio C., Babiloni C., Bertollo M. [et al] // Hum. Brain Mapp. – 2009. – Vol. 30. – № 11. – P. 3527-3540. DOI: 10.1002/hbm.20776.
20. Современные представления о связи тета-ритма с процессами внимания / Н. А. Каратыгин, И. И. Коробейникова, Н. В. Каратыгина, Я. А. Венерина // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2021. – Т. 24. – № 1. – С. 60-67. DOI: 10.18127/j15604136-202101-09.
21. Долецкий, А. Н. Определение особенностей динамики биоэлектрической активности головного мозга в течение сеансов нейробиоуправле-управления / А. Н. Долецкий, И. К. Исмаил-заде

// Материалы 71-й открытой научно-практической конференции молодых ученых и студентов ВолгГМУ с международным участием. «Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины» – Волгоград, 24-27 апреля 2013 г. – С. 14-16.

REFERENCES

1. Dzhos Yu.S., Men'shikova I.A. Changes in the total power of beta and theta bands when using eeg biofeedback in primary school-age children having difficulties with voluntary regulation. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 331-340. DOI: 10.37482/2687-1491-Z025. (in Russ.)
2. Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Impact of biofeedback training on cognitive functions of athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4(21). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_30.
3. Shtark M.B., Skok A.B. Electroencephalographic biofeedback in clinical practice (literature review). Biofeedback – 3: Theory and practice. Novosibirsk, 1998. pp. 131-139. (in Russ.)
4. Doletskij A.N. Neurophysiological mechanisms of adaptive biofeedback and ways to increase its efficiency: an author's abstract. Volgograd, 2012. 50 p. (in Russ.)
5. Fokina, Yu.O. Pavlenko V.B., Kulichenko A.M. The possible mechanisms of neurofeedback action. *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry"*, 2008, vol. 21(60), no. 1, pp. 107-116. (in Russ.)
6. Muftakhina R.M., Lintvarev A.L., Aslaev S.T., Shayakhmetova E.S. The use of technology biological feedback in the training process boxers of high qualification. *Modern problems of science and education*, 2015, no. 1-1, p. 1810. (in Russ.)
7. Shayakhmetova E.Sh., Rumyantseva E.R., Muftakhina R.M., Lintvarev A.L. Psychophysiological patterns of adaptation of elite boxers to physical activity: a monograph. Saint-Petersburg: NPTs PSI, 2014. 176 p. (in Russ.)
8. Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Relations of the brain rhythmological activity with psychomotor characteristics in adolescent water polo players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_29. (in Russ.)
9. Kardanov A.Kh., Kardanova E.V. Comparative description of attention properties in athletes of various sports. *Vestnik magistratury*, 2016, vol. II, no. 6(57), pp. 84-86. (in Russ.)
10. Bazanova O.M., Kondratenko A.V., Kuzэminova O.I., Muravleva K.B., Petrova S.E. The effectiveness of cognitive activity and psycho-emotional stress in different phases of the menstrual cycle. *Russian Journal of Physiology*, 2013, vol. 7, no. 99, pp. 280-289. (in Russ.)
11. Basar, E. Gntekin B. Darwin's evolution theory, brain oscillations, and complex brain function in a new "Cartesian" view. *Int. J. Psychophysiol*, 2009, vol. 71, no. 1, pp. 2-8. DOI: 10.1016/j.ijpsycho. 2008.07.018.
12. Mathewson K.E., Lleras A., Beck D.M., Fabiani M., Ro T., Gratton G. Pulsed Out of Awareness: EEG Alpha Oscillations Represent a Pulsed-Inhibition of Ongoing Cortical Processing. *Front. Psychol*, 2011, vol. 2, no. 5, pp. 179. DOI: 10.3389/ fpsyg.2011.00099.
13. Doletskij A.N., Dokuchaev D.A., Lata A.A. Opinion transformation in mechanism of generation and physiological interpretation of the EEG alpha rhythm. *Volgograd Journal of Medical Research*, 2019, no. 1, pp. 14-19. (in Russ.)
14. Napalkov D.A., Ratmanova P.O., Salykhova R.N., Kolikoff M.B. Electroencephalographic markers of optimal performance in marksmen. *Bulletin of Siberian Medicine*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 219-226. (in Russ.)
15. Hatfield B.D., Haufler A.J., Hung T.M., Spalding T.W. Electroencephalographic studies of skilled psychomotor performance. *J. Clin. Neurophysiol*, 2004, vol. 21, no. 3, pp. 144-156. DOI: 10.1097/00004691-200405000-00003.
16. Haufler A.J., Spalding T.W., Santa Maria D.L., Hatfield B.D. Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: Comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. *Biol. Psychol*, 2000, vol. 53, no. 2-3, pp. 131-160. DOI: 10.1016/s0301-0511(00)00047-8.
17. Hung T.M., Haufler A.J., Lo L.C., Mayer-Kress G., Hatfield B.D. Visuomotor expertise and dimensional complexity of cerebral cortical activity. *Med. Sci. Sports Exerc*, 2008, vol. 40, no. 4, pp. 752-759. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318162c49d.
18. Kerick S.E., McDowell K., Hung T.M., Santa Maria D.L., Spalding T.W., Hatfield B.D. The role of the left temporal region under the cognitive motor demands of shooting in skilled marksmen. *Biol. Psychol*, 2001, vol. 58, no. 3, pp. 263-277. DOI: 10.1016/s0301-0511(01)00116-8.
19. Del Percio C., Babiloni C., Bertollo M., Marzano N., Iacoboni M., Infarinato F., Lizio R., Stocchi M., Robazza C., Cibelli G., Comani S., Eusebi F. Visuo-attentional and sensorimotor alpha

rhythms are related to visuo-motor performance in athletes. *Hum. Brain Mapp*, 2009, vol. 30, no 11, pp. 3527-3540. DOI: 10.1002/hbm.20776.
20. Karatygin N.A., Korobejnikova I.I., Karatygina N.V., Venerina Ya.A. Modern ideas on the connection of theta rhythm with attention processes. *Biomeditsinskaya radioelektronika*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 60-67. DOI: 10.18127/j15604136-202101-09. (in Russ.)
21. Doletskij A.N., Ismail-zade I.K. Identifying features in the dynamics of brain bioelectrical activity in biofeedback sessions. Materials of the 71th Open Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students of the Volgograd State Medical University with International Participation "Relevant Issues of Experimental and Clinical Medicine". Volgograd, April 24-27, 2013. pp. 14-16. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наталья Владимировна Лунина – кандидат биологических наук, доцент «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», доцент кафедры физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини, Москва; старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Natal'ya V. Lunina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation, Massage and Health-Improving Physical Culture named after I.M. Sarkizov-Serazini, Russian University of Sports "GTSOLIFK", Moscow; Senior Researcher of the Center for Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Yulia V. Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Для цитирования: Лунина, Н. В. Модификации ритмов электроэнцефалограммы под влиянием курса β-тренинга у спортсменов с различной тренировочной направленностью / Н. В. Лунина, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № S1. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_S1_9

For citation: Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Modifications of electroencephalographic rhythms under the influence of the β-training course in athletes of different sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. S1. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_S1_9