Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18
УДК 612.821.6

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18
UDC 612.821.6

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСРЕДСТВОМ АЛЬФА-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ТРЕНИНГА У СПОРТСМЕНОВ ПРИЦЕЛЬНЫХ И ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

М.Ф. Емельянова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», г. Новосибирск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В современном спорте высших достижений эмоциональная устойчивость становится ключевым фактором, определяющим надежность и результативность соревновательной деятельности. Поиск эффективных методов формирования этого качества остается актуальной задачей спортивной науки. ***Методы.*** В двухлетнем экспериментальном исследовании приняли участие 48 спортсменов высокой квалификации, представляющих пулевую стрельбу и академическую греблю. ***Результаты.*** У спортсменов основной группы зафиксировано достоверное снижение показателей ситуативной и личностной тревожности. ***Заключение.*** Нейрофизиологический механизм формирования эмоциональной устойчивости в ходе альфа-стимулирующего тренинга заключается в функциональной реорганизации корково-подкорковых отношений и усилении нисходящего тормозного контроля со стороны префронтальной коры над лимбическими структурами, генерирующими тревогу.
Ключевые слова: эмоциональная устойчивость, нейрофизиологические механизмы, спортсмены, биологическая обратная связь, нейробиоуправление, альфа-ритм, электроэнцефалография, саморегуляция, стрессоустойчивость.

A STUDY OF NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF EMOTIONAL STABILITY DEVELOPMENT IN SHOOTING AND CYCLIC SPORTS ATHLETES USING ALPHA-STIM TRAINING

M.F. Emelyanova
Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** In modern elite sport, emotional stability is becoming a key factor determining the reliability and effectiveness of competitive activity. The search for effective methods for developing this quality remains a pressing issue in sports science. ***Methods.*** A two-year experimental study involved 48 highly qualified athletes representing shooting and rowing. ***Results.*** The study group athletes have demonstrated a significant decrease in state and trait anxiety. ***Conclusion.*** The neurophysiological mechanism for the emotional stability development during alpha-stim training involves the functional rearrangement of cortical-subcortical relationships and the strengthening of descending inhibitory control by the prefrontal cortex over limbic structures that generate anxiety.
Keywords: emotional stability, neurophysiological mechanisms, athletes, biofeedback, neurofeedback, alpha wave, electroencephalography, self-regulation, stress resistance.

Введение. Современный спорт характеризуется не только запредельными физическими нагрузками, но и колоссальным психоэмоциональным напряжением [1]. В условиях жесткой конкуренции, когда уровень физической и технической подготовки спортсменов выравнивается, именно способность сохранять контроль над своими эмоциями, противостоять стрессу и мобилизовать резервы в ответственный момент становится определяющим фактором победы [2]. Проблема эмоциональной устойчивости, понимаемой как интегративная характеристика психики, позволяющая успешно достигать поставленной цели в сложной, аффектогенной обстановке,

выходит на первый план в спортивной науке [3]. Срыв эмоциональной регуляции ведет к состоянию психической дезадаптации, росту тревожности, снижению эффективности принятия решений и, как следствие, к проигрышу «на ровном месте» [4]. Традиционные методы психологической подготовки, такие как вербальные внушения или аутогенная тренировка, зачастую оказываются недостаточно эффективными из-за их субъективности и невозможности оперативного контроля за состоянием спортсмена в реальном времени.

В этой связи особый интерес представляет метод биологической обратной связи (далее – БОС), позволяющий человеку наблюдать за параметрами собственной физиологической активности и обучаться произвольному контролю над ними. Нейробиоуправление (нейрофидбек) является разновидностью БОС, где объектом коррекции выступают ритмы электрической активности головного мозга [5]. Среди множества ритмов особое место занимает альфа-диапазон (8-13 Гц), который традиционно ассоциируется с состоянием спокойного бодрствования, релаксации и, что наиболее важно для спорта, с процессами внутреннего торможения, фильтрации сенсорной информации и снижения влияния кортико-либидных структур, ответственных за тревогу [6]. Модуляция альфа-ритма, то есть умение усиливать или ослаблять его амплитуду по произвольному запросу, рассматривается как ключевой нейрофизиологический механизм саморегуляции [7].

Несмотря на очевидную перспективность использования нейрофидбека в спорте остается множество дискуссионных вопросов, касающихся конкретных механизмов воздействия тренинга альфа-ритма на структуры головного мозга, ответственные за формирование эмоций [8]. Требуется уточнение того, как именно изменение корковой ритмики влияет на глубинные лимбические структуры (миндалевидное тело, гиппокамп) [9], и какие отделы коры играют ведущую роль в формировании устойчивости к стрессу в процессе обучения саморегуляции [10]. Настоящее исследование направлено на углубление теоретических представлений о нейродинамических перестройках, происходящих в центральной нервной системе спортсменов в ходе целенаправленной модуляции альфа-активности.

Целью данной работы явились исследование нейрофизиологических механизмов формирования эмоциональной устойчивости у спортсменов-стрелков и представителей циклических видов спорта в процессе курса нейробиоуправления, ориентированного на увеличение мощности альфа-ритма, а также оценка эффективности данного метода для оптимизации предстартовых состояний.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе научно-исследовательской лаборатории спортивной физиологии в течение двух лет. В эксперименте приняли участие 48 спортсменов высокой квалификации (кандидаты в мастера спорта и мастера спорта) в возрасте от 18 до 25 лет, специализирующихся в пулевой стрельбе (n=24) и академической гребле (n=24). Выбор данных специализаций обусловлен высокой значимостью эмоционального контроля: в стрельбе требуются статическая выдержка и подавление тремора, возникающего на фоне волнения; в гребле на первый план выходят устойчивость к монотонии и мобилизация в условиях нарастающего утомления. Все участники были разделены на основную (ОГ, n=24) и контрольную (КГ, n=24) группы, уравновешенные по виду спорта, возрасту и исходному уровню тревожности.

На предварительном этапе всем спортсменам проводилось комплексное психофизиологическое тестирование. Оценка эмоциональной устойчивости и личностной тревожности осуществлялась с помощью опросников Спилбергера-Ханина (STAI), методики «САН» (самочувствие, активность, настроение) и теста Люшера. Для верификации нейрофизиологических изменений регистрировалась электроэнцефалограмма (ЭЭГ) в состоянии покоя (фон) и при моделировании стрессовой ситуации (выполнение корректурной пробы в условиях дефицита времени и с помехами). Анализировались показатели спектральной мощности альфа-, бета- и тета-ритмов в лобных,

центральных, височных и затылочных отведениях по системе 10-20%.

Процедура нейробиоуправления проводилась с использованием программно-аппаратного комплекса «БОСЛАБ». Спортсмены основной группы прошли 15 сеансов нейрофидбека продолжительностью 30 минут каждый с периодичностью 3 раза в неделю. Использовался протокол поощрения альфа-ритма. Электроды устанавливались в монополярном отведении (активный электрод – на центрально-теменную область Cz или Pz, референтные – на мочки ушей). Суть тренинга заключалась в том, что при увеличении амплитуды альфа-ритма выше индивидуального порогового значения спортсмен получал положительное подкрепление в виде аудиосигнала или успешного выполнения игровой задачи на экране монитора. Перед спортсменами ставилась задача научиться сознательно удерживать «звук» или «изображение» во включенном состоянии, что субъективно воспринималось ими как достижение состояния «внутреннего спокойствия» и «отрешенности от помех». Контрольная группа в это время занималась по стандартной программе психологической подготовки, включающей дыхательные упражнения и аутогенную тренировку, но без использования аппаратных методов.

Успешность тренинга оценивалась по двум параметрам:

- средний процент времени удержания альфа-ритма выше порогового значения в течение сессии (критическим значением успешности считалось устойчивое удержание в течение более 40% времени сессии, что коррелировало с началом значимых нейрофизиологических сдвигов после 5-6 занятия);
- динамика прироста абсолютной мощности альфа-ритма в лобных (F3, Fz, F4) отведениях от первой к последней сессии, выраженная в процентах от исходного уровня.

По окончании курса (через 5-6 недель) и через месяц после его завершения (отсроченный контроль) были проведены повторное тестирование психологических показателей и регистрация ЭЭГ в тех же условиях, что и в начале.

Первичный анализ данных на предмет соответствия закону нормального распределения проводился с использованием критерия Шапиро-Уилка (ввиду малочисленности выборки). В связи с тем, что для показателей психологического тестирования (опросники Спилбергера-Ханина, САН) распределение в группах значимо отличалось от нормального ($p<0,05$), для дальнейшего сравнения результатов использовались непараметрические методы: U-критерий Манна-Уитни для межгрупповых сравнений и Т-критерий Вилкоксона для связанных выборок при оценке динамики внутри групп. Показатели спектральной мощности ЭЭГ, напротив, имели нормальное распределение, что позволило применить для их анализа параметрический t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ результатов показал, что курс нейробиоуправления, направленный на повышение мощности альфа-ритма, оказал статистически значимое влияние на психоэмоциональное состояние спортсменов основной группы. Так, у участников ОГ зафиксировано достоверное снижение показателей ситуативной тревожности (STAI-State) с 46,2±3,1 до 31,8±2,8 балла ($p<0,01$), в то время как в КГ динамика была выражена слабее (с 45,7±3,4 до 40,1±3,0 балла, $p<0,05$).

Достоверность различий внутри группы (ОГ или КГ) при сравнении показателей после эксперимента с исходными данными: $p_{1-2}<0,001$ для показателя ситуативной тревожности в ОГ; $p_{1-2}<0,01$ для показателя личностной тревожности в ОГ; $p_{1-2}<0,05$ для показателя ситуативной тревожности в КГ. Достоверность различий внутри группы при сравнении отсроченных результатов с исходными данными: $p_{1-3}<0,01$ для показателя ситуативной тревожности в ОГ; $p_{1-3}<0,05$ для показателя личностной тревожности в ОГ. Достоверность различий между группами (ОГ и КГ) на этапе после эксперимента: $p_{(ОГ-КГ)2}<0,05$ для показателей ситуативной и личностной тревожности. Достоверность различий между группами на этапе отсроченного контроля: $p_{(ОГ-КГ)3}<0,05$ для показателей ситуативной и личностной тревожности.

Таблица 1

Динамика показателей ситуативной и личностной тревожности у спортсменов основной (ОГ) и контрольной групп (КГ), M±σ

Показатель	Группа	До эксперимента (1)	После эксперимента (2)	Через месяц (3)
Ситуативная тревожность (STAI-State), баллы	ЭГ	46,2±3,1	31,8±2,8	34,5±3,0
	КГ	45,7±3,4	40,1±3,0	42,3±3,2
Личностная тревожность (STAI-Trait), баллы	ЭГ	48,5±3,6	38,2±3,1	39,8±3,3
	КГ	47,9±3,5	44,6±3,4	45,7±3,6

Показатели личностной тревожности (STAI-Trait) в ОГ также снизились, что свидетельствует о формировании устойчивой черты личности – способности противостоять стрессу. По данным опросника САН, в основной группе отмечено улучшение показателей «настроение» и «самочувствие» при сохранении высокой «активности», тогда как в контрольной группе иногда наблюдалось снижение активности на фоне нормализации настроения, что указывает на возможный седативный нежелательный перед стартом эффект классических техник релаксации.

Ключевые результаты были получены при анализе динамики ЭЭГ. У спортсменов ОГ в процессе тренинга наблюдалось прогрессивное увеличение абсолютной и относительной мощностей альфа-ритма. Если в начале курса выраженное увеличение альфа-активности наблюдалось преимущественно в затылочных отведениях (O1, O2), что типично для состояния спокойного бодрствования с закрытыми глазами, то к концу тренинга статистически значимый прирост амплитуды альфа-ритма регистрировался в центральных (C3, Cz, C4) и лобных (F3, Fz, F4) областях коры ($p<0,05$). Количественные показатели изменения спектральной мощности альфа-ритма в различных корковых зонах представлены в таблице 2. Статистически значимый прирост мощности (по сравнению с исходным уровнем) начинал фиксироваться после 5-6-ой сессии и прогрессивно нарастал к 15-ой ($p<0,05$ для центральных и лобных областей по критерию Вилкоксона).

Явление, известное как «фронтализация» альфа-ритма, имеет важное функциональное значение [11]. Лобные доли являются морфологическим субстратом высших психических функций, произвольного контроля и эмоциональной регуляции. Усиление альфа-ритма в префронтальной коре, по-видимому, отражает процессы активного торможения нерелевантной афферентации и подавления избыточной активности лимбической системы [12]. Таким образом, именно через усиление альфа-диапазона в лобных отведениях реализуется механизм «нисходящего контроля», когда кора головного мозга сознательно модулирует активность подкорковых центров страха и тревоги (миндалевидное тело).

Таблица 2

Динамика абсолютной спектральной мощности альфа-ритма в различных областях коры головного мозга у спортсменов основной группы, M±σ, мкВ²/Гц

Область регистрации (отведение)	Фон, до тренинга (1)	После курса (2)	Через месяц после курса (3)	$P_{1-2}<$	$P_{1-3}<$
Затылочная область (O1, O2)	52,4±4,1	62,1±5,2	58,9±4,8	0,05	0,05
Центральная область (C3, Cz, C4)	36,8±3,5	47,6±6,1	44,8±5,5	0,01	0,05
Лобная область (F3, Fz, F4)	31,2±3,0	42,2±6,8	39,5±5,9	0,001	0,01

Интересной представляется динамика в правом и левом полушариях. В ходе тренинга у большинства спортсменов ОГ наблюдалось сглаживание межполушарной асимметрии альфа-ритма во фронтальных областях. Известно, что правополушарная активация (снижение альфа) часто связывается с негативными эмоциями, а левополушарная – с позитивным аффектом [13]. Достижение баланса (симметрии) альфа-ритма в лобных долях коррелировало с субъективными отчетами спортсменов о

появлении ощущения «эмоционального равновесия».

Корреляционный анализ подтвердил связь между успешностью тренинга (способностью произвольно повышать альфа-ритм) и улучшением показателей эмоциональной устойчивости. Спортсмены, демонстрировавшие наибольший прирост альфа-мощности в лобных долях (более 25% от фона), показали наилучшие результаты в моделируемых стресс-тестах после окончания курса: у них было меньше ошибок при выполнении корректурной пробы с помехами, а вариабельность сердечного ритма (анализировалась параллельно с ЭЭГ) указывала на оптимальный вегетативный баланс (преобладание парасимпатической регуляции без признаков заторможенности).

Отсроченное тестирование через месяц показало, что эффект от курса нейробиоуправления сохраняется, хотя и несколько снижается. Это указывает на необходимость поддерживающих сеансов или закрепления навыка в реальной тренировочной деятельности. Участники КГ не продемонстрировали устойчивых нейрофизиологических изменений в лобных отведениях, а их психологические улучшения носили ситуативный характер.

Отсутствие устойчивых нейрофизиологических изменений в лобных отведениях у спортсменов контрольной группы и ситуативный характер их психологических улучшений означает, что применяемые в контрольной группе методы психологической подготовки не затронули глубинные механизмы регуляции активности головного мозга, ответственные за эмоциональный контроль [14].

Если рассматривать это положение более детально, то нейрофизиологические изменения в лобных отведениях, а именно устойчивый прирост мощности альфа-ритма в префронтальной коре, являются маркером сформированности нового функционального состояния, при котором кора головного мозга обретает способность эффективно подавлять избыточную активность подкорковых структур, генерирующих тревогу и страх [15]. Отсутствие таких изменений у контрольной группы говорит о том, что традиционные методы работы, такие как аутогенная тренировка, дыхательные упражнения и вербальные внушения, не привели к функциональной перестройке корково-подкорковых отношений [16]. Это объясняется тем, что классические техники релаксации преимущественно воздействуют на вегетативную нервную систему через периферические механизмы, снижая мышечный тонус и частоту сердечных сокращений, но не задействуют напрямую корковые структуры, ответственные за произвольную регуляцию эмоций [17]. Для формирования устойчивого навыка саморегуляции необходимо активное вовлечение префронтальной коры в процесс обучения, что достигается только при условии предоставления мозгу оперативной обратной связи о его собственной электрической активности [18]. Без такой обратной связи, как отмечают исследователи в области нейрофизиологии спорта, изменения носят временный характер и легко нивелируются при воздействии сильных стрессогенных факторов [19].

Мозг спортсменов из КГ не обучился новому паттерну работы, не сформировал устойчивые нейронные связи, позволяющие быстро и произвольно входить в состояние оперативного покоя. Их ЭЭГ после окончания эксперимента по своей топографии и амплитудным характеристикам альфа-ритма принципиально не отличалась от исходной.

Ситуативный характер психологических улучшений, наблюдавшихся у КГ, напрямую вытекает из отсутствия нейрофизиологической базы. Участники КГ могли демонстрировать некоторое снижение тревожности сразу после сеанса релаксации или беседы с психологом. Это состояние было следствием временного успокоения, внушения или отвлечения, но оно не подкреплялось изменением работы мозга. Как только спортсмены попадали в реальную стрессовую ситуацию соревнований или моделируемую среду с высоким уровнем помех, старые паттерны реагирования, закрепленные на нейронном уровне, активировались вновь. Эмоциональная устойчивость не становилась чертой личности, а оставалась временным состоянием, зависимым от внешних обстоятельств

и наличия поддерживающих факторов. Эффект от применявшихся методов был недолговременным и требовал постоянного внешнего подкрепления, тогда как у ЭГ навык саморегуляции стал внутренним достоянием, закрепленным на уровне функционирования лобных долей.

Таким образом, нейрофизиологический механизм формирования эмоциональной устойчивости в ходе альфа-стимулирующего тренинга заключается не просто в общем успокоении, а в функциональной реорганизации корково-подкорковых отношений. Обучение произвольному контролю над альфа-ритмом приводит к тому, что спортсмен приобретает навык быстрого вхождения в состояние «оперативного покоя», характеризующееся снижением чувствительности к отвлекающим эмоциогенным стимулам за счет повышения синхронизирующих влияний на кору со стороны неспецифических ядер таламуса и активного торможения лимбических структур со стороны префронтальной коры.

Заключение. Проведенное исследование подтверждает высокую эффективность использования БОС, основанной на модуляции альфа-ритма, для целенаправленного формирования эмоциональной устойчивости у спортсменов. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что нейрофидбек является не просто методом релаксации, а инструментом активного обучения саморегуляции, приводящим к устойчивым нейропластическим изменениям в структурах мозга, ответственных за эмоциональный контроль.

Ключевым механизмом повышения стрессоустойчивости выступает «фронтализация» альфа-ритма – обучение способности усиливать альфа-активность в лобных отведениях коры больших полушарий. Это обеспечивает формирование у спортсмена навыка сознательного подавления тревожных реакций на корковом уровне, оптимизацию межполушарного взаимодействия и создание функционального состояния, позволяющего реализовывать двигательные навыки с максимальной эффективностью в условиях соревновательного стресса [20].

Практическая значимость работы заключается в обосновании включения курсов альфа-стимулирующего тренинга в систему психологического сопровождения подготовки спортсменов, особенно в видах спорта, предъявляющих повышенные требования к устойчивости внимания и эмоциональной регуляции. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку индивидуализированных протоколов нейрофидбека, учитывающих исходный паттерн ЭЭГ спортсмена, а также на изучение комбинированного влияния нейробиоуправления и физических нагрузок на долговременную адаптацию организма к экстремальным условиям деятельности.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянова, М.Ф. Развитие стрессоустойчивости у спортсменов при помощи метода биологической обратной связи. «Биология. Медицина. Психология» : материалы 61-й Международной научной студенческой конференции (Новосибирск, 17-23 апреля 2024 года). – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. – С. 273-274.
2. Немков, Н.С. Психоэмоциональная устойчивость спортсменов. «Наука и образование в современном вузе: вектор развития» : сборник материалов научно-практической конференции. – Шуя: Шуйский филиал ИвГУ, 2022. – С. 207-208.
3. Авдалян, Т.А. Влияние стресса на когнитивные способности спортсменов с разным типом нервной системы. «Курсантские исследования» : сборник научных работ. – Могилев, 2022. – С. 170-173.
4. Кормилец, В.С. Уровень мощности спектра альфа-ритма в сессию тренинга у спортсменов высокой квалификации с эгалитарным типом модуляции ритма сердца с различной успешностью сеансов нейробиоуправления / В.С. Кормилец, С.И. Еремеев, О.В. Еремеева // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 1(22). – С. 17-18. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_01_27.
5. Effects of heart rate variability biofeedback on EEG alpha asymmetry and anxiety symptoms in male athletes: A pilot study / I. Dziembowska, P. Izdebski, A. Rasmus [et al.] // Applied psychophysiology and biofeedback. – 2016. – Vol. 41. – No. 2. – P. 141-150. DOI: 10.1007/s10484-015-9319-4.

6. Integrated use of biofeedback and neurofeedback techniques in treating pathological conditions and improving performance: A narrative review / B. Tosti, S. Corrado, S. Mancone [et al.] // Frontiers in Neuroscience. – 2024. – Vol. 18. – P. 1358481. DOI: 10.3389/fnins.2024.1358481.
7. Alpha-EEG/EMG neurofeedback combined with binaural beats stimulation: A randomized placebo-controlled within-subject cross over study / O.M. Bazanova, A. Zakharov, E. Ozonov, R.J. Barry // International Journal of Psychophysiology. – 2026. – No. 222. – P. 113337. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2026.113337.
8. The influence of an alpha band neurofeedback training in heart rate variability in athletes / C. Domingos, C. Marques da Silva, A. Antunes [et al.] // International journal of environmental research and public health. – 2021. – Vol. 18. – No. 23. – P. 12579. DOI: 10.3390/ijerph182312579.
9. Abdulkhaevna, A.Z. Neurobiofeedback in sports medicine: enhancing and correcting adaptation capabilities of combat sports athletes' neuropsychological status / A.Z. Abdulkhaevna, R.G. Sattarovna, S.A. Abdujamilevich // Medical journal of Uzbekistan. – 2025. – P. 303-316.
10. Domingos, C. Eeg Neurofeedback in Active Athlete Students: A Methodological Approach / C. Domingos. – Portugal: Universidade de Lisboa, 2020. – P. 28-70.
11. Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks / V. Kolev, J. Yordanova, C. Basar-Eroglu, E. Basar // Clinical Neurophysiology. – 2002. – Vol. 113. – No. 6. – P. 901-910. DOI: 10.1016/s1388-2457(02)00106-2.
12. Resting EEG measures of brain arousal in a multisite study of major depression / C. Ulke, C.E. Tenke, J. Kayse [et al.] // Clinical EEG and neuroscience. – 2019. – Vol. 50. – No. 1. – P. 3-12. DOI: 10.1177/1550059418795578.
13. From investigation to intervention: Biofeedback and neurofeedback biomarkers in sport / M. Balconi, F. Pala, D. Crivelli, V. Milone // Handbook of sport neuroscience and psychophysiology. – Routledge, 2018. – P. 151-168.
14. Chronic neurophysiological effects of repeated head trauma in retired Australian male sport athletes / A.J. Pearce, D.J. Kidgell, M.A. Tommerdahl [et al.] // Frontiers in neurology. – 2021. – Vol. 12. – P. 633320. DOI: 10.3389/fneur.2021.633320.
15. Neurocognitive and neuromuscular rehabilitation techniques after ACL injury-Part 2: maximizing performance in the advanced return to sport phase / Z.M. Thomas, L. Lupowitz, M. Ivey, K.E. Wilk // International Journal of Sports Physical Therapy. – 2024. – Vol. 19. – No. 12. – P. 1629. DOI: 10.26603/001c.126270.
16. Brain vital signs in elite ice hockey: towards characterizing objective and specific neurophysiological reference values for concussion management / F.R. Carrick, G. Pagnacco, S.F. Azzolino [et al.] // Frontiers in neuroscience. – 2021. – Vol. 15. – P. 670563. DOI: 10.3389/fnins.2021.670563.
17. EEG-Based Neurofeedback in Athletes and Non-Athletes: A Scoping Review of Outcomes and Methodologies / R.M.G. Zacarias, D.T. Bulathwatta, I. Bidzan-Bluma [et al.] // Bioengineering. – 2025. – Vol. 12. – No. 11. – P. 1202. DOI: 10.3390/bioengineering12111202.
18. Ткачук, М.Г. Исследование и оценка морфологических и нейрофизиологических особенностей у юных спортсменов игровых видов спорта / М.Г. Ткачук, И.С. Краснорудская // Естественно-научное знание сегодня: новые оценки новой эпохи: монография. – Петрозаводск, 2020. – С. 108-128.
19. Fuentes-García, J.P. Psychophysiological and dual-task effects of biofeedback and neurofeedback interventions in airforce pilots: a pilot study / J.P. Fuentes-García, J.L. Leon-Llamas, S. Villafaina // Sensors. – 2025. – Vol. 25. – No. 8. – P. 2580. DOI: 10.3390/s25082580.
20. Mirifar, A. Neurofeedback and neural self-regulation: a new perspective based on allostasis / A. Mirifar, A. Keil, F. Ehrlenspiel // Reviews in the Neurosciences. – 2022. – Vol. 33. – No. 6. – P. 607-629. DOI: 10.1515/revneuro-2021-0133.

REFERENCES

1. Emelyanova M.F. Developing stress resistance in athletes using biofeedback. Biology. Medicine. Psychology. Proceedings of the 61st International Scientific Student Conference. Novosibirsk: Publishing center of the Novosibirsk State University, 2023. pp. 273-274. (in Russ.)
2. Nemkov N.S. Psychoemotional resilience of athletes. In: Science and Education in a Modern University: Development Vector. A Collection of Materials from a Scientific and Practical Conference. Shuya: Shuya branch of the Ivanovsk State University, 2022. pp. 207-208. (in Russ.)
3. Avdalyan T.A. The impact of stress on the cognitive abilities of athletes with different nervous system types. In: Cadet Research. A Collection of Scientific Papers. Mogilev, 2022. pp. 170-173. (in Russ.)
4. Kormilets V.S., Eremeev S.I., Eremeeva O.V. The power level of the alpha rhythm spectrum in a training session for elite athletes with an egalitarian type of heart rate modulation with varying success rates of neurobiofeedback. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 1 (22), pp. 17-18. (in Russ.)
5. Dziembowska I., Izdebski P., Rasmus A. et al. Effects of heart rate variability biofeedback on EEG alpha asymmetry and anxiety symptoms in male athletes: A pilot study. *Applied psychophysiology*

and biofeedback, 2016, vol. 41, no. 2, pp. 141-150. DOI: 10.1007/s10484-015-9319-4.
6. Tosti B., Corrado S., Mancone S. Integrated use of biofeedback and neurofeedback techniques in treating pathological conditions and improving performance: A narrative review. *Frontiers in Neuroscience*, 2024, vol. 18, p. 1358481. DOI: 10.3389/fnins.2024.1358481.
7. Bazanova O.M., Zakharov A., Ozonov E., Barry R.J. Alpha-EEG/EMG neurofeedback combined with binaural beats stimulation: A randomized placebo-controlled within-subject cross over study. *International Journal of Psychophysiology*, 2026, no. 222, p. 113337. DOI: 10.1016/j.ijpsycho. 2026.113337.
8. Domingos C., Silva C.M.D., Antunes A. et al. The influence of an alpha band neurofeedback training in heart rate variability in athletes. *International journal of environmental research and public health*, 2021, vol. 18, no. 23, p. 12579. DOI: 10.3390/ijerph182312579.
9. Abdulkhaevna A.Z., Sattarovna R.G., Abdujamilevich S.A. Neurobiofeedback in sports medicine: enhancing and correcting adaptation capabilities of combat sports athletes' neuropsychological status. *Medical journal of Uzbekistan*, 2025, no. 1, pp. 303-316.
10. Domingos C. EEG Neurofeedback in Active Athlete Students: A Methodological Approach: an author's dissertation Portugal: Universidade de Lisboa, 2020. pp 28-70.
11. Kolev V., Yordanova J., Basar-Eroglu C., Basar E. Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks. *Clinical Neurophysiology*, 2002, vol. 113, no. 6, pp. 901-910. DOI: 10.1016/s1388-2457(02)00106-2.
12. Ulke C., Tenke C.E., Kayser J. et al. Resting EEG measures of brain arousal in a multisite study of major depression. *Clinical EEG and neuroscience*, 2019, vol. 50, no. 1, pp. 3-12. DOI: 10.1177/1550059418795578.
13. Balconi M., Pala F., Crivelli D., Milone V. From investigation to intervention: Biofeedback and neurofeedback biomarkers in sport. In: Handbook of sport neuroscience and psychophysiology. Routledge, 2018. pp. 151-168.
14. Pearce A.J., Kidgell D.J., Tommerdahl M.A. et al. Chronic neurophysiological effects of repeated head trauma in retired Australian male sport athletes. *Frontiers in neurology*, 2021, vol. 12, p. 633320. DOI: 10.3389/fneur.2021.633320.
15. Thomas Z.M., Lupowitz L., Ivey M., Wilk K.E. Neurocognitive and neuromuscular rehabilitation techniques after ACL injury-Part 2: maximizing performance in the advanced return to sport phase. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2024, vol. 19, no. 12, p. 1629. DOI: 10.26603/001c.126270.
16. Carrick F.R., Pagnacco G., Azzolino S.F. et al. Brain vital signs in elite ice hockey: towards characterizing objective and specific neurophysiological reference values for concussion management. *Frontiers in neuroscience*, 2021, vol. 15, p. 670563. DOI: 10.3389/fnins.2021.670563.
17. Zacarias R.M.G., Bulathwatta D.T., Bidzan-Bluma I., de Jesus S.N., Correia J.M. EEG-Based Neurofeedback in Athletes and Non-Athletes: A Scoping Review of Outcomes and Methodologies. *Bioengineering*, 2025, vol. 12, no. 11, p. 1202. DOI: 10.3390/bioengineering12111202.
18. Tkachuk M.G., Krasnorutskaya I.S. The study and evaluation of the morphological and physiological characteristics of young athletes playing sports. In: Natural scientific knowledge today: new assessments of the new era: a monograph. Petrozavodsk, 2020. pp. 108-128. (in Russ.)
19. Fuentes-García J.P., Leon-Llamas J.L., Villafaina S. Psychophysiological and dual-task effects of biofeedback and neurofeedback interventions in airforce pilots: a pilot study. *Sensors*, 2025, vol. 25, no. 8, p. 2580. DOI: 10.3390/s25082580.
20. Mirifar A., Keil A., Ehrlenspiel F. Neurofeedback and neural self-regulation: a new perspective based on allostasis. *Reviews in the Neurosciences*, 2022, vol. 33, no. 6, pp. 607-629. DOI: 10.1515/revneuro-2021-0133.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:
Маргарита Федоровна Емельянова – аспирант, Новосибирский государственный университет экономики и управления, Новосибирск, e-mail: m.f.emelyanova@edu.nsuem.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:
Margarita F. Emelyanova – Postgraduate Student, Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, e-mail: m.f.emelyanova@edu.nsuem.ru.

Для цитирования: Емельянова, М.Ф. Исследование нейрофизиологических механизмов формирования эмоциональной устойчивости посредством альфа-стимулирующего тренинга у спортсменов прицельных и циклических видов спорта / М.Ф. Емельянова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18

For citation: Emelyanova M.F. A study of neurophysiological mechanisms of emotional stability development in shooting and cyclic sports athletes using alpha-stim training. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_18