

Индивидуально-типологические особенности нервной системы борцов вольного стиля и динамика их психофизиологических параметров при воздействии сильной физической нагрузки

И.С. Поликанова, А.В. Исаев, С.В. Леонов

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Поступила 29 октября 2019/ Принята к публикации: 8 ноября 2019

Individual typological features of the freestyle wrestlers' nervous system and the dynamics of their psychophysiological parameters when exposed to strong physical activity

Irina S. Polikanova*, Alexey V. Isaev, Sergey V. Leonov

Moscow Lomonosov State University, Moscow, Russia

* Corresponding author E-mail: irinapolikanova@mail.ru

Received October 29, 2019 / Accepted for publication: November 8, 2019

Актуальность (контекст) тематики статьи. Физическая природа утомления сложна. Утомление приводит к истощению внутренних ресурсов организма. Вследствие этого замедляется темп работы, нарушаются точность, ритмичность и координация движений. Вольная борьба является сложным видом спорта, предъявляющим к атлетам целый комплекс жестких требований не только в физическом плане (сила, физическая подготовка, выносливость и др.), но и в психофизиологическом (использование когнитивных ресурсов при выборе действий, скорость реакции, особенности процессов внимания в условиях дефицита времени и др.). Поэтому важно исследовать особенности влияния физического утомления на психофизиологические показатели борцов. Выявление таких показателей, отражающих наиболее оптимальные функциональные состояния для каждого определенного вида спорта и для вольной борьбы, в частности, позволит повысить эффективность тренировки спортсменов.

Цель работы: исследование динамики комплекса психологических и психофизиологических показателей у борцов вольного стиля до и после усиленной физической нагрузки с применением психологических и электрофизиологических методик, а также выявление возможных типов акцентуаций характера у борцов вольного стиля, связанных со спецификой предъявляемых к данному виду спорта психологических и психофизиологических требований.

Описание хода исследования. Исследовалась динамика функционального состояния спортсменов у борцов вольного стиля до и после усиленной физической нагрузки. Физическая нагрузка представляла собой тренировочные занятия в целях подготовки спортсменов к соревновательной деятельности. Для изучения психологических и психофизиологических показателей борцов применялись опросники САН и Спилбергера-Ханина, а также электрофизиологические методики (ЭЭГ). Перед тренировкой спортсмены заполнили бланки тестовых заданий (методики САН, Спилбергера-Ханина и Шмишека-Леонгарда), после чего проводилась фоновая запись ЭЭГ. Для статистического анализа данных использовались пакеты Statistica 8 (для Windows, V 8.0, StatSoft) и T-test для зависимых выборок. Акцентуации характера, свойственные борцам, выявлялись с помощью методики изучения акцентуаций личности К. Леонгарда (модификация С. Шмишека). Проводилось сравнение показателей борцов группы с высокой гипертимностью (группа 1) и группы с низкой гипертимностью (группа 2) по динамике частоты тета-ритма и альфа-ритма до и после физической нагрузки.

Результаты исследования. Физическое утомление, вызванное сильной физической нагрузкой, значимо отразилось на снижении субъективного ощущения самочувствия, активности, настроения у атлетов. Кроме того, физическое утомление выразилось в значимом снижении доминирующей и средней частоты тета-ритма в правом полушарии, а также в значимом увеличении альфа-ритма в левом полушарии. Борцы вольного стиля преимущественно характеризуются гипертимным типом акцентуации характера, который, согласно литературным данным, связан с подвижностью и уравновешенностью нервной системы. В состоянии спокойного бодрствования борцы с гипертимным типом акцентуации характеризуются низким уровнем тревоги и низкой частотой тета-ритма, которая, согласно литературным данным, ассоциирована с активностью передней поясной извилины, участвующей в реализации таких когнитивных процессов, как ожидание награды и принятие решений. В условиях борьбы наблюдается резкое увеличение уровня тревоги у гипертимных атлетов и уменьшение доминирующей частоты альфа-ритма в правом полушарии. При этом наблюдается уменьшение частоты тета-ритма у всех борцов.

Выводы. Полученные результаты позволяют нам выдвинуть предположение о существовании определенной функциональной системы у борцов вольного стиля, позволяющей адаптировать регуляторные системы организма для эффективной реализации спортивной деятельности за счет активации определенных мозговых структур, в частности, передней поясной извилины. Однако данное исследование является пилотным (выборка составила всего 9 спортсменов), поэтому полученные результаты неправомерно экстраполировать на широкую выборку, но их можно рассматривать как задел для дальнейшей работы в данном направлении.

Ключевые слова: утомление, физическая нагрузка, борьба, вольный стиль, ЭЭГ, спектральные характеристики, опросник Леонгарда-Шмишека, опросник Спилбергера-Ханина, спортивная психология, психофизиологические показатели спортсменов.

Background. The physical nature of fatigue is complex. Fatigue leads to the depletion of the internal resources of the body. As a result, the pace of work slows down, with accuracy, rhythm and coordination of movements to be disturbed. Freestyle wrestling is a complex sport that imposes a whole complex of strict requirements on athletes, not only physically (strength, physical fitness, endurance, etc.), but also on the psychological and physiological level (using cognitive resources when choosing actions, reaction speed, and features of attention processes in time pressure conditions, etc.). Therefore, it is important to study the effects of physical fatigue on the psychophysiological indicators of wrestlers. The identification of such indicators reflecting the maximized functional conditions for each specific sport and for freestyle wrestling, in particular, will improve the efficiency of training athletes.

The Objective is to study the dynamic development of psychological and psychophysiological indicators in freestyle wrestlers before and after increased physical activity using psychological and electrophysiological methods, as well as to identify possible types of character accentuations in freestyle wrestlers related to the specifics of psychological and psychophysiological presented to this sport requirements.

Background. The dynamics of the functional state in freestyle wrestlers was studied before and after increased physical activity. Physical activity was a training session in order to prepare athletes for competitive activity. To study the psychological and psychophysiological indicators of wrestlers, SAN questionnaires of Spielberger-Khanin test were used on a par with electrophysiological methods (EEG). Before training, athletes filled out test forms (SAN, Spielberger-Khanin and Schmishek-Leonhard methods), after which background EEG recording was performed. For statistical data analysis, the Statistica 8 package (for Windows, V 8.0, StatSoft) and the T-test for dependent samples were used. Accentuations of character type of wrestlers were revealed using K. Leonhard's (modification of S. Schmishek) method of studying accentuated personalities. We compared the performance of wrestlers of the group with high hypertimity (group 1) and the group with low hypertimity (group 2) in terms of the dynamics of the frequency of theta rhythm and alpha rhythm before and after exercise.

Results. Physical fatigue caused by strong physical exertion significantly affected a decrease in the subjective feeling of well-being, activity, and mood among athletes. In addition, physical fatigue was expressed in a significant decrease in the dominant and average frequency of the theta rhythm in the right hemisphere, as well as in a significant increase in the alpha rhythm in the left hemisphere. Freestyle wrestlers are mainly characterized by a hyper-type character accentuation type associated with mobility and balance of the nervous system, according to the literature. In a state of calm wakefulness, fighters with a hyperthymic type of accentuation are characterized by a low level of anxiety and a low frequency of theta rhythm, which, according to published data, is associated with the activity of the anterior cingulate gyrus, which is involved in the implementation of cognitive processes such as awaiting rewards and making decisions. In the conditions of struggle, there is a sharp increase in the level of anxiety in hyperthymic athletes and a decrease in the dominant frequency of the alpha rhythm in the right hemisphere. Simultaneously, a decrease in the theta rhythm frequency is observed in all wrestlers.

Conclusion. The results obtained allow us to suggest the existence of a certain functional system in freestyle wrestlers, which allows adapting the body's regulatory systems for the effective implementation of sports activities through the activation of certain brain structures, in particular, the anterior cingulate gyrus. However, this study is pilot (the sample was only 9 athletes), therefore, the results can be illegally extrapolated to a wide selection, but they can be considered as a reserve for further work in this direction.

Keywords: fatigue, physical activity, wrestling, freestyle, EEG, spectral characteristics, Leonhard-Schmishek questionnaire, Spielberger-Khanin questionnaire, sports psychology, psychophysiological indicators of athletes.

Введение

Физическая природа утомления сложна. Многочисленные факты свидетельствуют, что основным процессом, ведущим к возникновению утомления, является постепенное угнетение деятельности центральной нервной системы (ЦНС) и развитие торможения. Утомление приводит к истощению внутренних ресурсов организма, что вынуждает его переходить на менее удобные способы функционирования, что отражается на работе различных систем организма. Это может проявляться в увеличении частоты сердечных сокращений, в снижении силы и скорости мышечных сокращений, дискоординации работы регуляторных систем, в затруднениях выработки и торможения условных рефлексов. Вследствие этого замедляется темп работы, нарушаются точность, ритмичность и координация движений (Земцова, 2010; Леонова, Медведев, 1981).

Важно отметить, что физическое утомление может проявляться на центральном и периферическом уровнях. Последний, как правило, проявляется в поведенческих реакциях. При этом центральное утомление ассоциировано со снижением активации в первичных моторных зонах коры головного мозга, связанных с иннервацией скелетной мускулатуры и, соответственно, с постепенным снижением физической способности к ее активации (Gandevia et al., 1996; Taylor et al., 1996).

Исследования электрофизиологических индикаторов физического утомления делятся, как правило, на два основных типа: сравнение записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) непосредственно во время физической нагрузки с записью ЭЭГ в фоновом состоянии (спокойное бодрствование). Когда запись ЭЭГ непосредственно во время физической нагрузки затруднительна, проводят сравнение ди-

намики электрофизиологических показателей до (фоновое состояние) и после физической нагрузки.

К таким видам спорта, где сложно сделать качественную запись ЭЭГ непосредственно во время физической нагрузки, относится и вольная борьба. Это вид спорта, заключающийся в проведении боя между двумя атлетами по определенным правилам, с использованием различных приемов (захваты, броски, подсечки и др.) с целью уложить противника на лопатки или провести большее количество результативных приемов и таким образом победить.

Вольная борьба является сложным видом спорта, предъявляющим к атлетам целый комплекс жестких требований не только в физическом плане (сила, физическая подготовка, выносливость и др.), но и в психофизиологическом (использование когнитивных ресурсов при выборе действий, скорость реакции, особенности



Ирина Сергеевна Поликанова – кандидат психологических наук, младший научный сотрудник лаборатории «Психология профессий и конфликта» факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова
E-mail: irinapolikanova@mail.ru
<https://istina.msu.ru/profile/irinapolikanova@mail.ru/>



Алексей Вячеславович Исаев – старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта МГУ имени М.В. Ломоносова
E-mail: isaev_aleks@mail.ru
<https://istina.msu.ru/profile/kichis/>



Сергей Владимирович Леонов – кандидат психологических наук, доцент кафедры методологии факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова
E-mail: svleonov@gmail.com
<https://istina.msu.ru/profile/Leonov/>

Вольная борьба является сложным видом спорта, предъявляющим к атлетам целый комплекс жестких требований не только в физическом плане (сила, физическая подготовка, выносливость и др.), но и в психофизиологическом (использование когнитивных ресурсов при выборе действий, скорость реакции, особенности процессов внимания в условиях дефицита времени

и др.). Поэтому можно предположить, что особенности нервной системы борцов могут оказывать влияние на эффективность выступления спортсменов. В частности, подвижность нервной системы в вольной борьбе является важнейшим и основным элементом способности спортсмена к предвидению (Исаев, Исайчев, 2015). Даже неуравновешенность зачастую не мешает спортсмену достигнуть мастерства, если он обладает подвижной нервной системой. Борцам с инертной нервной системой труднее проявлять способность к импровизации в ходе тактической борьбы, они медленнее перестраиваются при смене противником рисунка тактических действий.

Наличие высокой лабильности и подвижности нервных процессов определяют скорость восприятия и переработки информации, эффективность интегративной деятельности мозга и подготовки ответных действий спортсмена. Без этого невозможно осуществлять эффективную тренировочную и соревновательную деятельность в таких видах спорта, как дзюдо или вольная борьба, поскольку, помимо оценки текущей ситуации, спортсменам необходимо иметь способность к предвидению возможных ее изменений, т.е. к антиципации (Ильин, 2001; Сурков, 1984; Корягина, 2003; Макаренко, 2001; Матова, 1967; Сологуб, 1990).

А.В. Шаханова с коллегами (Шаханова и др., 2017), изучая свойства нервной системы студентов-дзюдоистов, показали, что свойства лабильности, подвижности и скорости нервной системы могут изменяться в течение жизни под воздействием определенных факторов. В частности, авторы показали, что, по мере взросления и роста тренированности атлетов, происходит укорочение простой зрительно-моторной реакции, характеризующей подвижность нервной системы. У студентов, не занимающихся спортом, такой тенденции обнаружено не было.

Аналогичное исследование было проведено Е.М. Бердичевской с коллегами (Бердичевская и др., 2008) на юных боксерах. Они сравнивали типологические свойства нервной системы боксеров и не тренированных юношей. Авторами показано значимо меньшая величина скорости реакции у юных боксеров, по сравнению с не спортсменами, что свидетельствует о большей подвижности нервных процессов у последних. Кроме того, был исследован такой параметр, как уровень функциональных возможностей, характеризующий силу нервных процессов. Юные боксеры характеризовались высокими значениями данного параметра. По уравновешенности нервных процессов, определяемой по показателю устойчивости реакции, различий у спортсменов и не спортсменов выявлено не было. Выявленные отличия типологических свойств нервной системы юношей-боксеров во многом могут определять успешность их деятельности. Чем выше сила нервных процессов, тем сильнее волевые и двигательные проявления.

Подвижность нервных процессов обеспечивает быструю переработку образно-двигательной информации и способность переходить из одного состояния в другое (Смирнов, 2004; Шулика и др., 2006). В статье Е.М. Бердичевской с коллегами также показано, что юные боксеры характеризуются более высокими показателями кратковременной и образной памяти, в отличие от не спортсменов. Авторы объясняют это специфической спортивной деятельностью боксеров, у которых, наряду с совершенствованием моторных навыков, происходит развитие тактического мышления. Для занятий всеми видами единоборств важен и объем распределения внимания, что обусловлено необходимостью быстро реагировать на любые внезапные сигналы (Тронская, Черенкевич, 2005; Котешев, Макаров, 2006).

Эмоциональность и напряженность являются неперенными условиями успешности тактического мышления у борцов в соревновательной деятельности. Спортсмену приходится принимать решения в обстановке психической напряженности, в острых ситуациях борьбы с соперником, при постоянной угрозе сведения на нет усилий многих тренировок ошибочным действием (Родионов, 2015).

Деятельность спортсмена в борьбе можно рассматривать как деятельность оператора в сложно-управляемых системах, поскольку вольная борьба представляет собой большие комбинаторные ситуационные системы с высокой степенью неопределенности событий (Нелюбин, 1995). Оператор, действующий в сложных системах управления, часто должен осмыслить проблемную ситуацию, выявить конкретную задачу и найти пути решения в течение ограниченного времени. Опоздание в таких условиях равносильно ошибке и может привести к усложнению проблемной ситуации, а иногда к частичному или полному нарушению работы системы.

Поэтому выявление электрофизиологических индикаторов ЭЭГ, отражающих наиболее оптимальные функциональные состояния для каждого определенного вида спорта и для вольной борьбы, в частности, позволит повысить эффективность тренировки спортсменов. Пси-

хофизиологические исследования утомления, возникающего после физической нагрузки, показывают корреляцию с рядом параметров ЭЭГ, а также значимое различие динамики таких параметров у профессиональных спортсменов и новичков. Так, Т.В. Поповой с коллегами (Порова et al., 2015) в экспериментах на эргографе Моско с кикбоккерами показано, что профессиональные спортсмены характеризуются значимо более выраженным альфа-ритмом, по сравнению с контрольной группой (не спортсмены). Авторы связывают полученные результаты с меньшим развитием утомления у спортсменов.

В настоящей работе исследовалась динамика функционального состояния у борцов вольного стиля до и после усиленной физической нагрузки с применением психологических (опросники САН и Спилбергера-Ханина) и электрофизиологических методик.

В целях выявления возможных типов акцентуаций характера у борцов вольного стиля, ввиду специфичности предъявляемых к данному виду спорта психологических и психофизиологических требований, в настоящем исследовании была использована методика изучения акцентуаций личности К. Леонгарда (модификация С. Шмишека).

Проведение исследования

Испытуемые и методики.

В нашем исследовании приняли участие 9 спортсменов сборной МГУ имени М.В. Ломоносова по вольной борьбе – кандидаты в мастера спорта и мастера спорта (средний возраст – 22 года).

Электроэнцефалографическое исследование состояло из фоновой записи ЭЭГ с открытыми глазами (ФОГ) – 2 минуты и фоновой записи ЭЭГ с закрытыми глазами (ФЗГ) – 2 минуты. Оно проводилось до и после усиленной физической нагрузки.

Физическая нагрузка представляла собой тренировочные занятия в целях подготовки спортсменов к соревновательной деятельности. Перед тренировкой спортсмены заполнили бланки тестовых заданий (методики САН, Спилбергера-Ханина и Шмишека-Леонгарда), после чего проводилась фоновая запись ЭЭГ.

Важно отметить, что, несмотря на то, что эксперимент проводился в рамках тренировочного процесса, нагрузка, предъявляемая спортсменам, была высокой интенсивности. Кроме того, запись ЭЭГ проводилась в непосредственной близости к тренировочному залу, что обеспечило минимальную временную задержку между окончанием тренировки и записью ЭЭГ

Важно отметить, что, несмотря на то, что эксперимент проводился в рамках тренировочного процесса, нагрузка, предъявляемая спортсменам, была высокой интенсивности. Кроме того, запись ЭЭГ проводилась в непосредственной близости к тренировочному залу, что обеспечило минимальную временную задержку между окончанием тренировки и записью ЭЭГ.

Физическая нагрузка состояла из следующих упражнений. Вначале спортсмены проводили разминку, начиная с бега, беговых упражнений, общеразвивающих упражнений, силовых упражнений, борцовских специальных упражнений и упражнений на растягивание. Длительность разминки составляла примерно 25–30 минут. Далее проводилась отработка приемов в стойке (15 мин.), борьба с положений (10 мин.), борьба в партере (6 мин.), отработка бросков (8 мин.) и борьба в стойке на всех приемах (5 мин.). После основного задания на ковре спортсмены проходили тестовые задания на силовую выносливость, которые состояли из упражнений: отжимание, упражнение на пресс (книжечка), прыжки вверх и «отброс ног». Каждое упражнение выполнялось по 15 секунд поочередно (3 круга – 3 минуты). Перерыв 30 секунд, далее – такие же упражнения еще 3 круга (итого 6 минут работы).

Запись ЭЭГ.

Запись ЭЭГ проводилась с помощью 21-канального электроэнцефалографа фирмы «Медиком МТД», в соответствии

с международной системой «10–20», устанавливающей точное расположение электродов на скальпе, с референтными ушными электродами. Частота квантования – 500 Гц. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали от 16 стандартных отведений фронтальных (F), центральных (C), темпоральных (T), париетальных (P) и окципитальных (O) областей обеих гемисфер неокортекса относительно ушных референтных электродов.

Анализ данных.

Для статистического анализа данных использовался пакет Statistica 8 (для Windows, V 8.0, StatSoft). Использован T-test для зависимых выборок.

Статистический анализ данных проводился для следующих показателей:

- динамика доминирующих частот тета-, альфа-, низкочастотного (НЧ) бета-, высокочастотного (ВЧ) бета-ритмов – сравнение фоновых показателей до и после физической нагрузки;
- динамика средних частот тета-, альфа-, низкочастотного (НЧ) бета-, высокочастотного (ВЧ) бета-ритмов – сравнение фоновых показателей до и после физической нагрузки.

Для анализа ЭЭГ использовались отрезки фоновой ЭЭГ длительностью 20 секунд с наименьшим содержанием артефактов, зарегистрированные в состояниях с закрытыми и открытыми глазами.

Доминирование каждого ритма ЭЭГ распределено по скальпу неравномер-

но из-за задействованности различных подкорковых структур в генерации соответствующего ритма. В связи с этим, анализ ЭЭГ проводился для каждого выбранного ритма в определенных отведениях, согласно научным данным, в левом и в правом полушариях, соответственно. Так, анализ тета-ритма проводился для отведений F3, Fz и F4, для альфа-ритма – в отведениях P3, Pz и P4, для бета-ритмов – в отведениях C3, Cz и C4. Для анализа индивидуального альфа-ритма также использовались отведения P3, Pz и P4.

Для психологического опросника САН были вычислены средние значения и стандартные отклонения.

Результаты исследования

Субъективные показатели

Методика САН. Статистический анализ показал значимое снижение оценок по всем шкалам опросника САН (самочувствие, активность, настроение), что может свидетельствовать о развитии процессов утомления на субъективном уровне: самочувствие (5.8 vs 4.2, $p \leq 0,01$), активность (5.4 vs 4.3, $p \leq 0,01$), настроение (5.7 vs 5.1, $p \leq 0,05$).

Опросник Спилбергера-Ханина. Данная методика не выявила значимых изменений в показателях ситуативной тревожности у борцов вольного стиля после усиленной физической нагрузки.

Опросник Шмишека-Леонгарда. Данная методика выявила интересную закономерность, а именно, – у большинства испытуемых наблюдается ярко выраженная акцентуация «Гипертимность» (у 6 из 9 борцов). Кроме того, если разделить нашу выборку по результатам шкалы «Гипертимность»: группа с высокой гипертимностью – 6 человек (группа 1) и группа с нормальной гипертимностью – 3 человека (группа 2), то получим следующие закономерности, которые можно будет более подробно исследовать в дальнейшей работе. Группа 1 характеризуется более высокими баллами по шкале «Настроение» методики САН, по сравнению с группой 2, как до физической нагрузки, так и после нее (до нагрузки: 5,95 vs 5,27; после нагрузки: 5,45 vs 4,3). Группа 1 по опроснику Спилбергера-Ханина характеризуется изначально более низкой реак-

Табл. 1. Частотные характеристики и отведения и анализируемых ритмов ЭЭГ

Ритм	Частота ритма	Отведения ЭЭГ
Тета	4-8 Гц	F3, Fz и F4
Альфа	8-14 Гц	P3, Pz и P4
Бета НЧ	14-20 Гц	C3, Cz и C4
Бета ВЧ	20-35 Гц	C3, Cz и C4

Table 1. Frequency characteristics, EEG pinpoint and analyzed rhythms

Rhythm	Frequency	EEG Pinpoint
Theta	4-8 Hz	F3, Fz and F4
Alfa	8-14 Hz	P3, Pz and P4
Beta LF	14-20 Hz	C3, Cz and C4
Beta HF	20-35 Hz	C3, Cz and C4

тивной тревожностью (до нагрузки: 31,83 vs 36), однако после сильной физической нагрузки она характеризуется сильным увеличением реактивной тревожности, по сравнению с группой 2, у которой, наоборот, наблюдается снижение тревожности (после нагрузки: 38,3 vs 33,3).

Результаты электрофизиологического исследования

Тета-ритм. Анализ динамики тета-ритма у борцов до и после сильной физической нагрузки показал статистически значимое снижение как доминирующей, так и средней частоты в условиях с закрытыми глазами. При этом наиболее сильное снижение показателей наблюдается в правом полушарии (отведение F4: доминирующая частота – 5,57 vs 4,14, $p \leq 0,05$; средняя частота – 5,63 vs 5,19, $p \leq 0,05$), тогда как в левом полушарии (отведение F3) снижение на уровне тенденции (отведение F3: доминирующая частота – 5,42 vs 4,50, $p = 0,07$; средняя частота – 5,56 vs 5,18, $p = 0,05$). В центральных отведениях происходит значимое снижение доминирующей частоты тета-ритма после физической нагрузки (отведение Fz: 5,29 vs 4,46, $p = 0,05$). Снижение средней частоты тета-ритма в центральных отведениях незначимое.

При сравнении группы с высокой гипертичностью (группа 1) и группы с низкой гипертичностью (группа 2) по динамике частоты тета-ритма до и после физической нагрузки мы получили следующие закономерности. Группа 1 характеризуется изначально более низкой частотой тета-ритма в левом полушарии (отведение F3) как до, так и после физической нагрузки (табл. 2).

Альфа-ритм. Анализ динамики альфа-ритма у борцов до и после сильной физической нагрузки показал статистически значимое увеличение в условиях с закрытыми глазами преимущественно в левом полушарии (отведение P3: доминирующая частота – 10,08 vs 10,60, $p \leq 0,05$; средняя частота – 10,36 vs 10,69, $p \leq 0,05$). При этом в правом полушарии наблюдается увеличение на уровне тенденции доминирующей и значимое увеличение средней частоты альфа-ритма для условий с открытыми глазами (отведение P4: доминирующая частота – 8,66 vs 9,54, $p = 0,09$;

Табл. 2. Динамика частоты тета-ритма у группы с высокой гипертичностью (группа 1) и группы с низкой гипертичностью (группа 2) до и после физической нагрузки в левом полушарии (отведение F3)

Тета-ритм		До нагрузки	После нагрузки
Доминирующая частота	Группа 1	4,99 (1,58)	4,05 (0,05)
	Группа 2	6,25 (6,26)	5,4 (0,55)
Средняя частота	Группа 1	5,37 (0,51)	5,09 (0,1)
	Группа 2	5,95 (0,3)	5,35 (0,38)

Table 2. Dynamics of the theta rhythm frequency in Group 1 (high hyperthymity) and Group 2 (low hyperthymity) before and after increased physical activity in the left hemisphere (F3)

Theta Rythm		Before increased physical activity	After increased physical activity
Domineering Frequency	Group 1	4,99 (1,58)	4,05 (0,05)
	Group 2	6,25 (6,26)	5,4 (0,55)
Average Frequency	Group 1	5,37 (0,51)	5,09 (0,1)
	Group 2	5,95 (0,3)	5,35 (0,38)

средняя частота – 10,02 vs 10,37, $p \leq 0,05$). Для центральных отведений также наблюдается увеличение на уровне тенденции для средней частоты альфа-ритма в условиях с открытыми глазами (отведение Pz: средняя частота – 10,06 vs 10,41, $p = 0,08$).

При сравнении группы с высокой гипертичностью (группа 1) и группы с низкой гипертичностью (группа 2) по динамике частоты альфа-ритма до и после физической нагрузки мы получили следующую закономерность. Группа 1 и группа 2 характеризуются изначально примерно одинаковым значением доминирующей частоты альфа-ритма в правом полушарии (отведение P4). После физической нагрузки в группе 1 наблюдается снижение доминирующей частоты альфа ритма, а в группе 2 – увеличение (табл. 3).

Анализ остальных частотных диапазонов ЭЭГ не выявил значимых изменений в их динамике после сильной физической нагрузки.

Табл. 3. Динамика доминирующей частоты альфа-ритма у группы с высокой гипертичностью (группа 1) и группы с низкой гипертичностью (группа 2) до и после физической нагрузки в правом полушарии (отведение P4)

	До нагрузки	После нагрузки
Группа 1	10.14 (0,82)	9.46 (1,32)
Группа 2	10.04 (0,51)	10.51 (0,61)

Table 3. Dynamics of the domineering alpha rhythm frequency in Group 1 (high hyperthymity) and Group 2 (low hyperthymity) before and after increased physical activity in the right hemisphere (P4)

	Before increased physical activity	After increased physical activity
Group 1	10.14 (0,82)	9.46 (1,32)
Group 2	10.04 (0,51)	10.51 (0,61)

выраженная акцентуация – аффективно-экзальтированный тип. Этому типу свойственны эмоциональные состояния широкого диапазона. Экзальтация – восторженно-возбужденное состояние, проявляющееся в бурной реакции, смещенности направлений активности, высокой впечатлительности, сильной привязанности к друзьям (Батаршев, 2006). Одновременно высокие показатели по шкалам гипертимности и экзальтированности могут указывать на необычайно яркое (вплоть до экстравагантного) поведение, восторженность, демонстративность.

Статистический анализ динамики электрофизиологических параметров показал значимое снижение частоты тета-ритма (доминирующей и средней) в правом полушарии после сильной физической нагрузки и значимое увеличение частоты альфа-ритма в левом полушарии (доминирующей и средней).

Результаты исследования показали, что, хотя группа с высокой гипертимностью характеризовалась изначально низким уровнем реактивной тревоги, после сильной физической нагрузки она показала значительное увеличение уровня тревоги, по сравнению с группой с нормальной гипертимностью

Полученные результаты в целом согласуются с имеющимися научными данными. Так, японскими учеными (Masaaki, 2015) было проведено исследование с использованием методов магнитоэнцефалографии (МЭГ), которое показало уменьшение мощности альфа-ритма при физическом утомлении (преимущественно в ипсилатеральной сенсомоторной области и префронтальной коре) и его увеличение после физического утомления, которое вызывалось максимальным сжатием экспандера левой рукой в течение 10 минут. Авторы связывают этот феномен с участием альфа-ритма в информационных процессах, в том числе в процессах антиципации, что проявляется в десинхронизации мощности альфа-ритма (Hanslmayr et al., 2012; Deiber et al., 2012). Увеличение альфа-ритма, по мнению авторов, связано с ослаблением процессов антиципации и соответствующей синхронизацией.

Тайваньскими учеными (Lin Szu-Yu et al., 2015) в исследовании физического утомления на велоэргометре (не на про-

фессиональных спортсменах) показано, что по мере развития утомления наблюдается увеличение усредненной мощности в каждой полосе частот ЭЭГ спектра (альфа-, бета-, тета-). При этом испытуемые, которые характеризовались средней степенью утомления (разделение по степени утомления проводилось по показателям ЭКГ) показали гораздо более быстрое восстановление после велоэргометра, тогда как у группы с сильным проявлением утомления восстановление мощностей основных ритмов ЭЭГ занимало больше времени.

Особое значение могут иметь результаты, полученные нами при исследовании группы с высокой гипертимностью и группы со средним уровнем гипертимности (6 человек и 3 человека соответственно). Группа с высокой гипертимностью характеризуется более высокими оценками по шкале «настроение» методики САН как до, так и после сильной

физической нагрузки. Кроме того, для данной группы характерна изначально более низкая реактивная тревожность, которая характеризуется как самооценка уровня тревожности в данный момент. Состояние реактивной или ситуационной тревоги возникает при попадании в стрессовую ситуацию и характеризуется субъективным дискомфортом, напряженностью, беспокойством и вегетативным возбуждением.

Результаты исследования показали, что, хотя группа с высокой гипертимностью характеризовалась изначально низким уровнем реактивной тревоги, после сильной физической нагрузки она показала значительное увеличение уровня тревоги, по сравнению с группой с нормальной гипертимностью. Таким образом, для группы с высокой гипертимностью при изначально низком уровне реактивной тревоги характерно сильное увеличение этого уровня после сильной физической нагрузки. Учитывая, что в нашей исследовательской выборке большинство борцов характеризовалось ги-

пертимным типом характера, можно предположить, что данное свойство является профессионально важным качеством, способствующим более эффективной деятельности.

Здесь важно отметить показанную в литературе положительную связь между гипертимным и экзальтированным типами характера с подвижностью (лабильностью) нервных процессов и их уравновешенностью (Жилина, 2008), что имеет крайне важное значение для борцов вольного стиля.

На электрофизиологическом уровне группа с высокой гипертимностью отличается от группы с нормальным уровнем гипертимности более низкой частотой тета-ритма (доминирующей и средней) как до, так и после физической нагрузки. Тета-ритм подразделяют на гиппокампальный и фронтальный. Фронтальный тета-ритм средней линии представляет собой спонтанные или связанные с выполнением задания, кратковременные вспышки ритмической активности в диапазоне от 5,5 до 8,5 Гц в области фронтальных отведений (Кропотов, 2010). Во время состояния спокойного бодрствования с открытыми или закрытыми глазами среднелобный тета-ритм в виде заметного пика проявляется в спектрах ЭЭГ только у незначительного количества испытуемых (примерно у 43% взрослых испытуемых 18–28 лет). Этот тета-ритм синхронизирован с реализацией действий в ответ на значимые события окружающей среды и ассоциируется с процессами вспоминания и кодирования следов памяти (там же).

В работе Митчела показано, что среднелобный тета-ритм коррелирует с умственным усилием при выполнении когнитивных заданий (Frontal-midline theta ..., 2008). Каплан в своих исследованиях выявил, что спектральная амплитуда тета-активности коррелировала не с успешностью выполнения задания, а с его сложностью (Distinct patterns of brain ..., 2001). Поэтому увеличение тета-активации наблюдается в условиях выполнения когнитивных заданий, особенно связанных с процессами памяти и внимания. Повышение тета-активности может также наблюдаться при отсутствии нагрузки на память, например, при ожидании болевого стимула (Will and frontal theta ..., 1990). Нейрофизиологические исследования на

животных показали увеличение активности гиппокампального тета-ритма, когда внимание особенно сильно сфокусировано на конкретной стимуляции. Тета-ритм выступает неким механизмом избирательного внимания, улучшающим обработку информации о целевом стимуле, в том числе, тормозя нерелевантную информацию (Vinogradova et al., 1998). Кроме того, активация тета-ритма зависит от индивидуальной значимости стимула, на котором сфокусировано внимание субъекта (Stroganova, Orekhova, 2013). Таким образом, активация тета-ритма может быть интерпретирована как высоко сфокусированное внимание к субъективно значимому стимулу или событию (Новикова, 2015).

В исследованиях японских ученых здоровые испытуемые были разделены на 3 группы по выраженности среднелобного тета-ритма в зоне лобного отведения (отведение Fz) во время решения ими арифметических задач. Выделили 3 группы: с низким, средним и высоким уровнем выраженности среднелобной тета-активности. Первая группа показала самый низкий уровень тревожности и невротизации и самый высокий уровень экстраверсии, третья группа – противоположные результаты. При этом не выявлено различий между группами относительно решаемой задачи. Было сделано заключение, что выраженность среднелобного тета-ритма связана, в основном, с личностными характеристиками испытуемых и уровнем их тревожности (Inanaga, 1998).

Исследовательская группа Гарвардского университета изучала связь между метаболизмом глюкозы в человеческом мозгу и среднелобной тета-активностью, которая показала наибольшую активацию в передней поясной извилине. Одновременная регистрация ЭЭГ и метаболизма глюкозы (исследование с использованием позитронно-эмиссионной томографии – ПЭТ) проводилась на группе здоровых испытуемых (Pizzagalli et al., 2003). Предполагается, что передняя поясная извилина играет существенную роль в осуществлении разнообразных автономных функций, например, таких, как регулирование кровяного давления и сердечного ритма. Она также участвует в выполнении ряда когнитивных функций: ожидание награды, принятие решений,

Спортивная деятельность в вольной борьбе характеризуется тем, что в ней широко задействованы когнитивные функции – спортсменам постоянно нужно принимать решения о выборе ответных действий, атакующих действий, тактики и стратегии поединка. Такая напряженная когнитивная деятельность связана с увеличением активации передней поясной извилины, что проявляется в усилении тета-активности

эмпатия, управление импульсивностью эмоций. Среднелобный тета-ритм коррелирует с умственным усилием при выполнении когнитивных заданий (Frontal-midline theta ..., 2008).

Спортивная деятельность в вольной борьбе характеризуется тем, что в ней широко задействованы когнитивные функции – спортсменам постоянно нужно принимать решения о выборе ответных действий, атакующих действий, тактики и стратегии поединка. Такая напряженная когнитивная деятельность связана с увеличением активации передней поясной извилины, что проявляется в усилении тета-активности. Вероятно, после усиленной физической нагрузки, когда начинает развиваться утомление, происходит спад активации тета-ритма, что мы наблюдали в нашем случае.

Увеличение альфа-ритма после физической нагрузки может быть связано с несколькими факторами. Увеличение активности альфа-ритма классически связывают с развитием утомления, в частности, когнитивного утомления (Trejo et al., URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.330.2239&rep=rep1&type=pdf>; Trejo et al., 2007; Fatigue as a Window ..., 2005; Murataa et al., 2005; Newsholme, Blomstrand, 1995; Lorist et al., 2005; Поликанова, Сергеев, URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniedlitelnoy-kognitivnoy-nagruzki-na-parametry-eeg>; Liu, 2007; Jap, 2009; Polikanova et al., URL: <http://psystudy.ru/index.php/eng/2012v5n24e/717-polikanova24e.html>; Polikanova et al., 2012; Klimesch, 1999; 1997). Кроме того, альфа-ритм связывают с протеканием информационных процессов.

Альфа-ритм характеризуется частотой 8–13 Гц, амплитудой 5–100 мкВ и регистрируется в области первичных или вторичных сенсорных зон коры в состоянии покоя. При активации сенсорных зон коры альфа-ритм угнетается. У здорового человека альфа-ритм регистрируется в области теменной, затылочной и сенсомоторной коры (сенсомоторный ритм или мю-ритм).

Типичными проявлениями альфа-ритма являются высокоамплитудные волны в теменных и затылочных электродах. Такая синхронизация вызвана блокировкой зрительной входной к затылочным областям. Затылочный ритм обычно доминирует в записи ЭЭГ во время состояния спокойного бодрствования с закрытыми глазами. Иногда учеными отдельно выделяется теменной альфа-ритм (высокоамплитудные ритмы в диапазоне альфа-частот в теменных областях с максимумом в Pz), которые так же увеличиваются в состоянии с закрытыми глазами, как и затылочный альфа-ритм, хотя у некоторых может наблюдаться уменьшение теменного альфа-ритма в ответ на закрывание глаз. У человека обычно частота теменного ритма меньше, чем частота затылочного ритма. Суммарная мощность теменных ритмов увеличивается в состоянии решения задачи, по сравнению с состоянием спокойного бодрствования с открытыми глазами, и с увеличением трудности задачи.

Таким образом, в рамках проведенного исследования было показано, что борцы вольного стиля в состоянии спокойного бодрствования характеризуются низким уровнем тревоги и низкой частотой тета-ритма, которая, в свою очередь, связана с активностью передней поясной извилины, участвующей в реализации таких когнитивных процессов, как ожидание награды, принятие решений, эмпатия, управление импульсивностью эмоций. В условиях борьбы наблюдается резкое увеличение уровня тревоги, что, по всей видимости, позволяет адаптировать функциональную систему организма спортсмена к эффективной реализации спортивной деятельности за счет напряжения регуляторных систем.

Заключение

Сильная физическая нагрузка отражается на динамике ряда психологических и психофизиологических параметров.

Сильная физическая нагрузка значимо отразилась на снижении субъективного ощущения самочувствия, активности, настроения у испытуемых борцов. Кроме того, физическое утомление отражается в значимом снижении доминирующей и средней частоты тета-ритма в правом полушарии и в значимом увеличении альфа-ритма в левом полушарии

Сильная физическая нагрузка значимо отразилась на снижении субъективного ощущения самочувствия, активности, настроения у испытуемых борцов. Кроме того, физическое утомление отражается в значимом снижении доминирующей и средней частоты тета-ритма в правом полушарии и в значимом увеличении альфа-ритма в левом полушарии.

В рамках проведенного исследования мы можем выдвинуть предположение о формировании у профессиональных борцов вольного стиля определенной функциональной системы, выполняющей регуляторную функцию в сфере адаптации организма к ведению поединка

Борцы вольного стиля характеризуются преимущественно гипертимным типом акцентуации характера, который отличается активностью, энергичностью, оптимизмом, беззаботностью и, согласно научным данным, коррелирует с подвижностью (лабильностью) нервной системы.

Борцы с гипертимным типом характера отличаются низким уровнем реактивной тревожности в спокойном состоянии и низкой частотой тета-ритма. Однако ситуация, связанная с проведением поединка, приводит к сильному увеличению уровня реактивной тревоги, что, в свою очередь, может свидетельствовать о возникновении состояния «готовно-

сти» и срабатывании механизма адаптации функциональной системы организма спортсмена к эффективной реализации спортивной деятельности за счет напряжения регуляторных систем.

Таким образом, в рамках проведенного исследования мы можем выдвигать

предположение о формировании у профессиональных борцов вольного стиля определенной функциональной системы, выполняющей регуляторную функцию в сфере адаптации организма к ведению поединка. Данная функциональная система включает разноразличные структуры мозга как корковые, так и подкорковые, которые участвуют в реализации различных когнитивных функций и эмоционального реагирования. Спокойное бодрствование борцов характеризуется расслаблением этой функциональной системы, тогда как ситуация борьбы приводит к резкому ее напряжению, что выражается в значительном увеличении уровня тревоги и активации разных структур мозга, в частности, передней поясной извилины.

Информация о грантах и благодарностях

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19-013-00951\19

Acknowledgments

The study was supported by the RFBR grant No. 19-013-00951\19

Литература:

- Батаршев А.В. Диагностика черт личности и акцентуаций : практическое руководство. – Москва : Психотерапия, 2006. – 288 с.
- Бердичевская Е.М., Гронская А.С., Черенкевич В.И. Типологические свойства нервной системы и функциональные асимметрии юношей-боксеров // Физиология и спортивная медицина. – 2008 – № 1. – С. 33–36.
- Гронская А.С., Черенкевич В.И. Индивидуальный профиль асимметрии и особенности кратковременной памяти юношей-боксеров // Научные труды I съезда физиологов СНГ. Т. 2. – Москва, 2005. – С. 298.
- Жилина Е.В. Акцентуации характера в структуре интегральной индивидуальности // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Серия «Педагогика и психология. Теория и методика обучения». – 2008. – С. 394–399.
- Земцова И.И. Спортивная физиология : учеб. пособие. – Киев : Олимпийская литература, – 2010.
- Ильин Е.П. Дифференциальная психофизиология. – Санкт-Петербург : Наука, 2001. – 235 с.
- Исаев А.В., Исайчев С.А. Количественные и качественные индикаторы формирования антиципации у спортсменов-борцов // Национальный психологический журнал. – 2015. – Т. 18. – № 2. – С. 33–41. doi: 10.11621/npj.2015.0203
- Корягина Ю.В. Исследование хронобиологических особенностей восприятия и пространства у спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 11. – С. 14–15.
- Котешев В.Е., Макаров В.А. Бокс. – Краснодар : Эдви, 2006. – 303 с.
- Кропотов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия. – Санкт-Петербург, 2010. – 506 с.
- Леонова А.Б., Медведев В.И. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности : учеб. пособие. – Москва : МГУ, 1981. – 111 с.
- Макаренко Н.В. Сенсомоторные реакции в онтогенезе человека и их связь со свойствами нервной системы // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – № 6. – С. 52–57.
- Матова М.А. Исследование психофизиологической готовности теннисиста к предстоящей деятельности // Психологические вопросы спортивной тренировки. – Москва, 1967. – С. 57–65.
- Нелюбин В.В. Эволюционные преобразования в спортивной борьбе : учеб. пособие. Ч. 1. – Новосибирск : Пасман и Шувалов, 1995. – 95с.
- Новикова С.И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы // Современная зарубежная психология. – 2015. – Т. 4. – № 1. – С. 91–108.
- Паршукова Л.П., Выбойщик И.В. Акцентуации характера: учеб. пособие. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 84 с.
- Поликанова И.С., Сергеев А.В. Влияние длительной когнитивной нагрузки на параметры ЭЭГ (Электронный ресурс) // Национальный психологический журнал. – 2014. – № 1(13). – С. 84–92. doi: 10.11621/npj.2014.0109
- Родионов В.А. Спортивная психология. – Москва : Юрайт, 2015.

- Смирнов В.М. Нейрофизиология и высшая нервная деятельность детей и подростков. – Москва : Академия, 2004. – 400 с.
- Сологуб Е.Б. Физиологические основы направленной адаптации мозга спортсменов к решению тактических задач // Теория и практика физической культуры. – 1990. – № 5. – С. 6–8.
- Сурков Е.Н. Психомоторика спортсмена. – Москва : Физическая культура и спорт, 1984. – 126 с.
- Шаханова А.В., Коблев Я.К., Петрова Т.Г., Намитокова А.А. Особенности функционального состояния центральной нервной системы спортсменов-дзюдоистов // Вестник Адыгейского государственного Университета. Серия 4. Естественно-математические и технические науки. – 2010. – № 3. – С. 49–56. doi:10.1134/S0362119715060079
- Шулика Ю.А., Коблев Я.К., Невзоров В.М., Схаляхо Ю.М. Дзюдо: система и борьба. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – 798 с.
- Caplan J.B. (et al.) (2001). Distinct patterns of brain oscillations underlie two basic parameters of human maze learning. *J. Neurophysio*, 86(1), 368–380. doi: 10.1152/jn.2001.86.1.368
- Deiber M.P., Sallard E., Ludwig C., Ghezzi C., Barral J., & Ibáñez V. (2012). EEG alpha activity reflects motor preparation rather than the mode of action selection. *Front Integr Neurosci*, 6(59). doi: 10.3389/fnint.2012.00059
- DeLuca E. (Ed.) (2005). *Fatigue as a Window to the Brain*. Cambridge, London: The MIT Press, 357. doi: 10.7551/mitpress/2967.001.0001
- Gandevia S.C., Allen G.M., Butler J.E., & Taylor J.L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *J Physiol*, 490(2), 529–536. doi: 10.1113/jphysiol.1996.sp021164
- Hanslmayr S., Staudigl T., & Fellner M.C. (2012). Oscillatory power decreases and long-term memory: the information via desynchronization hypothesis. *Front Hum Neurosci*, 6(74). doi: 10.3389/fnhum.2012.00074
- Inanaga, K. (1998). Frontal midline theta rhythm and mental activity. *Psychiatry Clin Neurosci*, 52(6), 555–566. doi: 10.1111/j.1440-1819.1998.tb02700.x
- Jap B.T. (et al.) (2009). Using EEG spectral components to assess algorithms for detecting fatigue. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2352–2359. doi: 10.1016/j.eswa.2007.12.043
- Klimesch W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29, 2–3, 169–195. doi: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3
- Klimesch W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1–3), 319–340. doi: 10.1016/S0167-8760(97)00773-3
- Kornhuber A.W. (et al.) (1990). Will and frontal theta activity. In C.H.M. Brunia, A.W.K. Galliard, A. Kok (Eds.), *Psychophysiological brain research*. Tillburg: Tillburg University Press, 1, 53–58.
- Lin Szu-Yu, Hung Chih-I, Wang Hsin-I, & Wu Yu-Te (2015). Extraction of Physically Fatigue Feature in Exercise Using Electromyography, Electroencephalography and Electrocardiography. *11th International Conference on Natural Computation (ICNC)*. doi: 10.1109/ICNC.2015.7378050
- Liu J.Z. (et al.) (2007). Shifting of activation center in the brain during muscle fatigue: an explanation of minimal central fatigue? *Neuroimage*, 35(1), 299–307. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.09.050
- Lorist M.M., Boksem M.A.S., & Ridderinkhof K.R. (2005). Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 199–205. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.01.018
- Masaaki, T. (2015). Physical fatigue increases neural activation during eyes-closed state: a magnetoencephalography study. In Masaaki Tanaka, Akira Ishii, & Yasuyoshi Watanabe, *Behav Brain Funct*, 11, 35. doi: 10.1186/s12993-015-0079-3
- Mitchell D.J. (et al.) (2008). Frontal-midline theta from the perspective of hippocampal «theta». *Prog. Neurobiol*, 86(3), 156–185. doi: 10.1016/j.pneurobio.2008.09.005.
- Murataa A., Uetakeb A., & Takasawab Y. (2005). Evaluation of mental fatigue using feature parameter extracted from event-related potential. *Journal of Industrial Ergonomics*, 35(8), 761–770. doi: 10.1016/j.ergon.2004.12.003 46.
- Newsholme E.A., & Blomstrand E. (1995). Tryptophan 5-hydroxytryptamine and a possible explanation for central fatigue. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 384, 315–320.
- Pizzagalli, D.A., Oakes, T.R., & Davidson, R.J. (2003). Coupling of theta activity and glucose metabolism in the human rostral anterior cingulate cortex: An EEG/PET study of normal and depressed subjects. *Psychophysiology*, 40, 939–949. doi: 10.1111/1469-8986.00112
- Polikanova I.S., Sysoeva O.V., & Tonevitsky A.G. (2012). Association between 5HTT polymorphism and cognitive fatigue development. *International Journal of Psychophysiology (Special Issue)*, 3(85), 411–411. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2012.07.128
- Popova T.V., Koryukalov Yu.I., & Kourova O.G. (2015). Endurance and Fatigue Caused by Local Muscular Performance in Skilled Athletes. *Fiziologiya Cheloveka*, 41(6), 128–130.
- Smirnov V.M. (2004). *Neurophysiology and higher nervous activity of children and adolescents*. Moscow, Akademiya, 400.
- Stroganova T.A., & Orekhova E.V. (2013). EEG and infant states. *Infant EEG and Event Related Potentials*. M. de Haan (Ed.). New York: Psychology Press, 251–287.
- Taylor J.L., Butler J.E., Allen G.M., & Gandevia S.C. (1996). Changes in motor cortical excitability during human muscle fatigue. *J Physiol*. 490(2), 519–28. doi: 10.1113/jphysiol.1996.sp021163
- Trejo L.J. et al. (2005). EEG-based Estimation of Cognitive Fatigue. Proceedings of Symposium OR05 Defense and Security, 5797, 105–115. Retrieved from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.330.2239&rep=rep1&type=pdf> (accessed accessed 12.09.2019). doi: 10.1007/978-3-540-73216-7_23
- Trejo L.J. et al. (2007). EEG-Based Estimation of Mental Fatigue: Convergent Evidence for a Three-State Model. In Eds. D.D. Schmorow, & L.M. Reeves, *Foundations of Augmented Cognition*. Berlin: Springer, 201–211. (Lecture Notes in Computer Science; Vol. 4565). doi: 10.1007/978-3-540-73216-7_23
- Vinogradova O.S., Kitchigina V.F., & Zenchenko C.I. (1998). Pacemaker neurons of the forebrain medial septal area and theta rhythm of the hippocampus. *Membr. Cell. Biol*, 11(6), 715–725.

References:

- Batarshv A.V. (2006). Diagnosis of personality traits and accentuations: a practical guide. Moscow, Psikhoterapiya, 288.
- Berdichevskaya E.M., Gronskaya A.S., & Cherenkevich V.I. (2008). Typological properties of the nervous system and functional asymmetries of young boxers. [*Fsiologiya Sportivnaya Meditsina*], 1, 33–36.
- Caplan J.B. (et al.) (2001). Distinct patterns of brain oscillations underlie two basic parameters of human maze learning. *J. Neurophysiol*, 86(1), 368–380. doi: 10.1152/jn.2001.86.1.368
- Deiber M.P., Sallard E., Ludwig C., Ghezzi C., Barral J., & Ibacez V. (2012). EEG alpha activity reflects motor preparation rather than the mode of action selection. *Front Integr Neurosci*, 6(59). doi: 10.3389/fnint.2012.00059
- DeLuca E. (Ed.) (2005). Fatigue as a Window to the Brain. Cambridge, London: *The MIT Press*, 357. doi: 10.7551/mitpress/2967.001.0001
- Gandevia S.C., Allen G.M., Butler J.E., & Taylor J.L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *J Physiol*, 490(2), 529–536. doi: 10.1113/jphysiol.1996.sp021164
- Gronskaya A.S., & Cherenkevich V.I. (2005). An individual profile of asymmetry and features of the short-term memory in young boxers. [*Nauchnye trudy I sezda fiziologov SNG*], 2, 298.
- Hanslmayr S., Staudigl T., & Fellner M.C. (2012). Oscillatory power decreases and long-term memory: the information via desynchronization hypothesis. *Front Hum Neurosci*, 6(74). doi: 10.3389/fnhum.2012.00074
- Ilyin E.P. (2001). Differential psychophysiology. St. Petersburg, Nauka, 235.
- Inanaga, K. (1998). Frontal midline theta rhythm and mental activity. *Psychiatry Clin Neurosci*, 52(6), 555–566. doi: 10.1111/j.1440-1819.1998.tb02700.x
- Isaev A.V., & Isaichev S.A. (2015). Quantitative and qualitative indicators of the formation of anticipation in wrestling athletes. *National Psychological Journal*, 18(2), 33–41. doi: 10.11621/npj.2015.0203
- Jap B.T. (et al.) (2009). Using EEG spectral components to assess algorithms for detecting fatigue. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2352–2359. doi: 10.1016/j.eswa.2007.12.043
- Klimesch W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29, 2–3, 169–195. doi: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3
- Klimesch W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1–3), 319–340. doi: 10.1016/S0167-8760(97)00773-3
- Kornhuber A.W. (et al.) (1990). Will and frontal theta activity. In C.H.M. Brunia, A.W.K. Galliard, A. Kok (Eds.), *Psychophysiological brain research*. Tillburg: Tillburg University Press, 1, 53–58.
- Koryagina Yu.V. (2003). Study of chronobiological characteristics of perception and space in athletes. [*Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*], 11, 14–15.
- Koteshev V.E., & Makarov V.A. (2006). Boxing. Krasnodar, Edvi, 303.
- Kropotov Yu.D. (2010). Quantitative EEG, cognitive evoked potentials of the human brain and neurotherapy. St. Petersburg, 506.
- Leonova A.B., & Medvedev V.I. (1981). The functional state of a person in labor activity: textbook. allowance. Moscow, MGU, 111.
- Lin Szu-Yu, Hung Chih-I, Wang Hsin-I, & Wu Yu-Te (2015). Extraction of Physically Fatigue Feature in Exercise Using Electromyography, Electroencephalography and Electrocardiography. *11th International Conference on Natural Computation (ICNC)*. doi: 10.1109/ICNC.2015.7378050
- Liu J.Z. (et al.) (2007). Shifting of activation center in the brain during muscle fatigue: an explanation of minimal central fatigue? *Neuroimage*, 35(1), 299–307. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.09.050
- Lorist M.M., Boksem M.A.S., & Ridderinkhof K.R. (2005). Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 199–205. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.01.018
- Makarenko N.V. (2001). Sensomotor reactions in human ontogenesis and their relationship with the properties of the nervous system. [*Fsiologiya cheloveka*], 27(6), 52–57.
- Masaaki, T. (2015). Physical fatigue increases neural activation during eyes-closed state: a magnetoencephalography study. In Masaaki Tanaka, Akira Ishii, & Yasuyoshi Watanabe, *Behav Brain Funct*, 11, 35. doi: 10.1186/s12993-015-0079-3
- Matova M.A. (1967). The study of the psychophysiological readiness of a tennis player for future activities. [*Psikhologicheskie voprosy sportivnoy trenirovki*], Moscow, 57–65.
- Mitchell D.J. (et al.) (2008). Frontal-midline theta from the perspective of hippocampal «theta». *Prog. Neurobiol*, 86(3), 156–185. doi: 10.1016/j.pneurobio.2008.09.005.
- Murataa A., Uetakeb A., & Takasawab Y. (2005). Evaluation of mental fatigue using feature parameter extracted from eventrelated potential. *Journal of Industrial Ergonomics*, 35(8), 761–770. doi: 10.1016/j.ergon.2004.12.003 46.
- Nelyubin V.V. (1995). Evolutionary transformations in wrestling: textbook. Part 1. Novosibirsk: Pasman and Shuvalov, 95.
- Newsholme E.A., & Blomstrand E. (1995). Tryptophan 5-hydroxytryptamine and a possible explanation for central fatigue. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 384, 315–320.
- Novikova S.I. (2015). EEG rhythms and cognitive processes. [*Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya*], 4(1), 91–108.
- Parshukova L.P., & Vyboyschik I.V. (2007). Accentuation of character: textbook. Chelyabinsk, Izdatel'stvo YUUrGU, 84.
- Pizzagalli, D.A., Oakes, T.R., & Davidson, R.J. (2003). Coupling of theta activity and glucose metabolism in the human rostral anterior cingulate cortex: An EEG/PET study of normal and depressed subjects. *Psychophysiology*, 40, 939–949. doi: 10.1111/1469-8986.00112
- Polikanova I.S., Sysoeva O.V., & Tonevitsky A.G. (2012). Association between serotonin transporter (5HTT) and mental fatigue developmen [*Psikhologicheskie Issledovaniya*], Vol. 5. 24. Retrieved from: <http://psystudy.ru/index.php/eng/2012v5n24e/717-polikanova24e.html> (accessed 12.09.2019).

- Polikanova I.S., Sysoeva O.V., & Tonevitsky A.G. (2012). Association between 5HTT polymorphism and cognitive fatigue development. *International Journal of Psychophysiology (Special Issue)*, 3(85), 411–411. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2012.07.128
- Polikanova I.S., & Sergeev A.V. (2014). The effect of long-term cognitive load on the EEG parameters. *National Psychological Journal*, 1(13), 84–92. doi: 10.11621/npj.2014.0109
- Rodionov V.A. (2015). Sports psychology. Moscow, Yurayt.
- Popova T.V., Koryukalov Yu.I., & Kourova O.G. (2015). Endurance and Fatigue Caused by Local Muscular Performance in Skilled Athletes. *Fiziologiya Cheloveka*, 41(6), 128–130.
- Shakhanova A.V., Koblev Y.K., Petrova T.G., & Namitokova A.A. (2010). Features of the functional state of the central nervous system of judo athletes. [*Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo Universiteta*]. Series 4. Natural-mathematical and technical sciences, 3, 49–56. doi: 10.1134/S0362119715060079
- Shulika Yu.A., Koblev Y.K., Nevzorov V.M., & Shkhalyakho Yu.M. (2006). Judo: system and struggle. Rostov-on-Don, Feniks, 798.
- Sologub E.B. (1990). The physiological basis of the directed adaptation of the brain of athletes to solving tactical problems. [*Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*], 5, 6–8.
- Smirnov V.M. (2004). Neurophysiology and higher nervous activity of children and adolescents. Moscow, Akademiya, 400.
- Stroganova T.A., & Orekhova E.V. (2013). EEG and infant states. *Infant EEG and Event Related Potentials*. M. de Haan (Ed.). New York: Psychology Press, 251–287.
- Surkov E.N. (1984). Psychomotor athlete. Moscow, Fizicheskaya kul'tura i sport, 126.
- Taylor J.L., Butler J.E., Allen G.M., & Gandevia S.C. (1996). Changes in motor cortical excitability during human muscle fatigue. *J Physiol*. 490(2), 519–28. doi: 10.1113/jphysiol.1996.sp021163
- Trejo L.J. et al. (2005). EEG-based Estimation of Cognitive Fatigue. Proceedings of Symposium OR05 Defense and Security, 5797, 105–115. Retrieved from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.330.2239&rep=rep1&type=pdf> (accessed 12.09.2019). doi: 10.1007/978-3-540-73216-7_23
- Trejo L.J. et al. (2007). EEG-Based Estimation of Mental Fatigue: Convergent Evidence for a Three-State Model. In Eds. D.D. Schmorow, & L.M. Reeves, *Foundations of Augmented Cognition*. Berlin: Springer, 201–211. (Lecture Notes in Computer Science; Vol. 4565). doi: 10.1007/978-3-540-73216-7_23
- Vinogradova O.S., Kitchigina V.F., & Zenchenko C.I. (1998). Pacemaker neurons of the forebrain medial septal area and theta rhythm of the hippocampus. *Membr. Cell. Biol*, 11(6), 715–725.
- Zemtsova I.I. (2010). Sports physiology: textbook. manual. Kiev, Olimpiyskaya literatura.
- Zhilina E.V. (2008). Accentuation of character in the structure of integral individuality. [*Izvestiya Rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena*]. Series Pedagogy and Psychology. *Theory and teaching methodology*, 394–399.