

УДК 572.087:612.821

DOI: 10.37482/2687-1491-Z122

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КИКБОКСЕРОВ (обзор)**

М.Ю. Беляков* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7640-2450>

В.П. Мальцев* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

*Сургутский государственный педагогический университет
(Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут)

Анализ современной научной и научно-методической литературы показал, что лишь единичные работы посвящены исследованию физических качеств и нейрофизиологии спортсменов, специализирующихся в кикбоксинге. Отмечается ориентированность научных работ последних лет на спортсменов высокой квалификации. Остаются недостаточно изученными структурно-функциональные и нейрофизиологические аспекты обеспечения спортивной деятельности единоборцев-кикбоксеров в динамике спортивного совершенствования. Основными физическими способностями, играющими важную роль в реализации спортивного потенциала и достижении высоких результатов спортивной деятельности кикбоксеров, признаны силовые, скоростно-силовые, технико-тактические, психологические способности и выносливость. В научной литературе определение психофизиологического статуса спортсмена-единоборца базируется на методах оценки сенсомоторных реакций разной модальности и сложности. С ростом спортивной квалификации отмечаются оптимизация и экономизация механизмов адаптации структурно-функционального характера в нервной, нервно-мышечной и сенсомоторной системах кикбоксеров. Исследования нейрофизиологических адаптивных изменений в ответ на физические нагрузки у спортсменов-единоборцев (в т. ч. кикбоксеров) отражают разнонаправленные результаты. К примеру, установлено, что активность симпатического отдела вегетативной нервной системы у единоборцев увеличивается: при нормотонии – в соревновательный период, при симпатикотонии – в подготовительный. Также выявлено, что единоборцы обладают оптимальными адаптационными резервами и лучшими адаптивными способностями сердца относительно представителей других видов спорта. Организация индивидуального тренировочного процесса с углубленной специализацией в кикбоксинге предполагает учет индивидуального персонифицированного нейрофизиологического профиля спортсмена с целью выбора средств, методов и уровня тренировочной и соревновательной нагрузки для достижения поставленных целей.

Ключевые слова: спортивные единоборства, кикбоксинг, физические качества спортсмена, сенсомоторные показатели, нейрофизиологический профиль спортсмена, успешность соревновательной деятельности, индивидуализация тренировочного процесса.

Ответственный за переписку: Мальцев Виктор Петрович, адрес: 628400, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, д. 10/2; e-mail: mal585@mail.ru

Для цитирования: Беляков М.Ю., Мальцев В.П. Структурно-функциональные и нейрофизиологические аспекты обеспечения спортивной деятельности кикбоксеров (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2022. Т. 10, № 4. С. 395–404. DOI: 10.37482/2687-1491-Z122

Анализ этапов становления кикбоксинга на отечественной и мировой спортивной арене позволяет констатировать, что существует внушительный временной разрыв в появлении данного вида спорта в сравнении с другими видами единоборств, в частности с боксом: в России – 62 года, в мире – 110 лет. Признание федерации кикбоксинга Международным олимпийским комитетом и перспектива появления данного вида спорта на Олимпийских играх 2028 года в Лос-Анджелесе обуславливают совершенствование средств и методов тренировочного процесса, развитие методик спортивного отбора и спортивной ориентации молодежи [1]. Понимание важности реализации этих компонентов является необходимым условием для улучшения опыта физического воспитания и достижения высоких спортивных результатов [2, 3].

Физические нагрузки большого объема и интенсивности, присущие современному спорту, изменяют функциональное состояние организма, при этом не только обеспечивают повышение адаптационного потенциала, но и, в определенных случаях, приводят к дезадаптации организма спортсмена [4]. Критериями адаптированности и прогностическими параметрами спортивного совершенствования, обеспечивающими реализацию индивидуального тренировочного процесса, могут служить объективные показатели нейрофизиологического обеспечения двигательной деятельности спортсмена [5, 6]. Анализ научной и научно-методической литературы в области нейрофизиологии, нейровегетативной регуляции и развития физических качеств спортсменов-единоборцев выявил единичные работы, посвященные направлению кикбоксинга. При этом основной акцент в большинстве современных работ приходится на спортсменов высокой квалификации [7, 8]. Важно отметить, что при анализе нейрофизиологического аспекта исследователи [9–11] зачастую не придают должного значения распределению кикбоксеров на типы по стилю ведения поединка и разделам, в которых они выступают.

На основании вышеизложенного целью настоящей работы является теоретико-методологический анализ научной литературы о структурно-функциональных и нейрофизиологических аспектах обеспечения спортивной деятельности кикбоксеров.

Структурно-функциональные особенности обеспечения спортивной деятельности кикбоксера. Вначале остановимся на характеристике правил соревновательной деятельности современного кикбоксинга. Правила соревнований по кикбоксингу предполагают несколько разделов выступления спортсменов: ограниченный контакт (Semi-contact), легкий контакт (Light-contact) и полный контакт (Full-contact), включающий в себя раздел К-1. Представленные разделы имеют различия в ограничении правил. Наиболее контактные разделы предоставляют спортсменам большую вариативность действий [8].

Успех кикбоксера в поединке зависит от степени развития его силовых, скоростно-силовых способностей и выносливости. Одну из ведущих ролей играет технико-тактическая и психологическая подготовленность [12]. Действия кикбоксера во время поединка характеризуются высокой динамичностью и координационной сложностью, которые обусловлены жесткими условиями поединка: за доли секунды необходимо выполнить опережающий или нейтрализующий удар, подобрав при этом самый рациональный и эффективный прием [13, 14]. Данные задачи предусматривают высокий уровень развития физических качеств кикбоксера. При переходе от предсоревновательного этапа к соревновательному в подготовке спортсмена меняется фокус в пользу специальной физической подготовки относительно общей [14]. При этом увеличивается интенсивность нагрузки, мобилизующая резервы организма кикбоксера. Однако в случае продолжительной нагрузки угнетается деятельность центральной нервной системы (ЦНС), что снижает координацию и чувство равновесия спортсменов, внимание и сосредоточенность на действиях соперника [15, 16].

В.П. Лукьяненко и соавторы [12] условно выделяют три группы кикбоксеров в зависимости от стиля ведения поединка и ударной техники спортсмена: «игровики», «темповики» и «нокаутеры». Каждому типу присущи те или иные индивидуальные физические качества, способствующие достижению высоких спортивных результатов. Так, у «игровиков» в большей степени преобладает психологическая и технико-тактическая подготовленность, где первостепенную роль играет уровень развития координационных способностей, которые реализуются за счет психофизиологии спортсмена: простой и сложной зрительно-моторной реакции и помехоустойчивости. Фактором, определяющим результативность боя у «темповиков», является уровень развития силовых и скоростно-силовых способностей, у «нокаутеров» – выносливости и скоростно-силовых способностей. Морфофизиологической основой для отнесения кикбоксера к одной из групп служит процентное соотношение быстрых и медленных мышечных волокон. Преобладание быстрых волокон свидетельствует о предрасположенности к группе «нокаутеров», примерно равное соотношение быстрых и медленных волокон – к группе «темповиков», преобладание медленных – к группе «игровиков».

Важную роль в проявлении физических качеств и получении высокого спортивного результата играют антропометрические особенности спортсмена. Установлено, что кикбоксеры с длинными верхними и нижними конечностями имеют преимущество в достижении цели соперника с дальней дистанции, что позволяет набирать очки и не подпускать к себе менее рослого соперника, тем самым нейтрализуя его действия [17].

В единоборствах ударной направленности сами удары имеют вид коротких и динамичных действий, поэтому мышечная сила верхних и нижних конечностей обладает первостепенным статусом для достижения высокого спортивного результата [18]. Как отмечают Н.Н. Полякова и Е.В. Зобкова, в процессе адаптации к мышечной деятельности у кикбоксеров происходит

дифференцирование мышечных усилий и формирование точности отмеривания [19]. Высокая работоспособность и спортивные результаты достигаются при выполнении регулярных физических нагрузок. Отсутствие последних влечет за собой значительное снижение физической подготовленности кикбоксера, увеличение массы тела и приводит к уменьшению уровня нейрофизиологической согласованности спортивной деятельности [20].

Нейрофизиологические особенности обеспечения спортивной деятельности кикбоксера. Согласно теории функциональных систем, ведущую роль в обеспечении адаптации организма играет ЦНС. Основные ее свойства определяют психологическую и функциональную подготовленность спортсменов, ответственную за достижение спортивного результата в единоборствах, относящихся к ситуационным видам спорта [9].

Спортивная деятельность кикбоксеров улучшает выработку нейротрофических факторов, нейротрансмиттеров и гормонов, способствует выживанию нейронов, нейропластичности, образованию новых нейронных связей, оптимизирует нейроэндокринные и физиологические реакции на психосоциальный и физический стресс, что является важнейшим фактором для повышения спортивного мастерства [21].

Психофизиологические механизмы обеспечивают эффективность интегрального взаимодействия компонентов спортивного мастерства единоборцев. Единоборства ударной направленности отличаются психомоторной сложностью тренировочной и соревновательной деятельности спортсмена в ситуации поединка, имеющей конфликтный и экстремальный характер. Сложное взаимодействие физических и психических факторов, большое психоэмоциональное напряжение, изменение физического развития и функций жизнеобеспечения организма спортсмена – все это характеризует ударные виды единоборств, в частности кикбоксинг [22].

Ряд авторов [9, 11, 23] выделяют 5 основных методик оценки психофизиологического уров-

ня единоборцев: «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), «Реакция выбора», «реакция на движущийся объект» (РДО), а также проба на помехоустойчивость и теппинг-тест.

Как показывают исследования В.С. Смирновой и В.П. Мальцева, прослеживается тенденция к улучшению показателей психофизиологических функций у подростков мужского и женского пола при сравнении групп 11–12 и 12–13 лет. Прогностически более высокие значения показателей определены практически во всех возрастных группах мальчиков относительно групп девочек [24]. При исследовании простой и сложной зрительно-моторной реакции, которые отражают обработку информации в структурах ЦНС, была установлена положительная динамика показателей единоборцев в возрастном периоде от 12 до 14 лет. Полученные данные дают представление о том, что в центральных структурах нервной системы спортсменов происходит ускорение обработки поступающей информации, что определяет прогрессивные изменения функционального состояния ЦНС. В возрастной динамике установлен рост устойчивости, концентрации и распределения внимания у единоборцев, следствием чего является усиление работы системы управляющих функций и внимания, при этом не снижаются темпы онтогенетического развития [11]. У подростков 13–14 лет, занимающихся боксом, при оценке ПЗМР наблюдалось снижение сенсомоторных реакций в специально-подготовительном периоде, что указывает на специфические для данной разновидности спорта особенности и свидетельствует об истощаемости функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы и ЦНС вследствие применения нагрузок высокой интенсивности в учебно-тренировочном процессе [25].

Спортивная помехоустойчивость имеет комплексную природу и объединяет психические и поведенческие проявления. Внутреннее (психическое) проявление выражается в волевых качествах и антиципирующем внимании, обуславливающих способность предвидеть и принимать оперативные решения для

преодоления помеховлияющих воздействий. К внешним же относится выполнение защитных действий и контратак при сохранении самообладания. Помехоустойчивость – важнейшая характеристика спортсмена, которая рассматривается наряду с быстротой, выносливостью и координационными способностями [23].

Как отмечает С.А. Сунцов, одним из ведущих психомоторных качеств спортсмена, специализирующегося в единоборствах ударного типа, является РДО, т. к. движение соперника во время поединка представляет собой непрерывную смену сокращения и увеличения дистанции в связке с нанесением ударов руками и ногами, следовательно, уровень развитости РДО может решить исход боя. Взаимодействие процессов возбуждения и торможения, обусловленное нейродинамическими характеристиками коры головного мозга, определяет точность РДО, что позволяет использовать данный тест для оценки состояния сенсомоторной деятельности, функционального состояния нервной системы спортсменов и развития переутомления. В целом РДО дает представление о надежности и результативности спортивной деятельности единоборцев [10]. Как показывают исследования, у спортсменов-единоборцев с 12 до 14 лет наблюдаются изменения нейродинамических характеристик ЦНС, свидетельствующие о положительных сдвигах в сторону сбалансированности нервных процессов [26].

Для комплексной оценки функционального состояния нервной системы и определения уровня адаптации к максимально интенсивной работе в отечественной науке используется теппинг-тест. Результаты исследования О.И. Коломиец и др. позволяют резюмировать, что для большинства квалифицированных тхэквондистов характерны толерантная стратегия адаптации и высокая устойчивость к утомлению. У спортсменов с низким уровнем подвижности нервной системы был установлен высокий коэффициент утомления, что указывает на резистентную систему адаптации [9].

Возвращаясь к классификации разделов выступления в современном кикбоксинге, стоит отметить, что у кикбоксеров время простой реакции на световой и звуковой стимулы, а также индексы функциональных показателей при реакции на звук не зависят от квалификации и тренировочного и соревновательного опыта. Однако опыт тренировочно-соревновательной деятельности кикбоксеров высокой и более низкой квалификации обуславливает различия в устойчивости двигательных реакций и возможностях ЦНС [7]. ЦНС кикбоксеров раздела К-1 при физической нагрузке демонстрирует лучшее время реакции и сниженную оценку восприятия объекта относительно представителей других разделов. ЦНС бойцов раздела «легкий контакт» под нагрузкой ухудшает качество образных, временных и пространственных параметров, при этом функции зрительного анализатора и оценка расстояния мобилизуются [8]. Из данных исследований, сравнивающих единоборцев ударной и борцовской направленности [27], можно сделать вывод, что у «ударников» относительно лучше развита способность точно воспринимать время в виде успешности определения временных интервалов равной длительности. При этом спортсмены-борцы обладают лучшей скоростью ПЗМР, РДО и более высокой помехоустойчивостью.

Результаты психофизиологических тестов демонстрируют явное улучшение экономизирующих и оптимизирующих механизмов адаптации структурно-функционального характера в сенсорной, нервной и нервно-мышечной системах единоборцев-ударников (на примере тхэквондистов) с ростом спортивной квалификации [22].

В современной медицине спорта и прикладной физиологии активно используется методика изучения variability ритма сердца (ВРС) для оценки особенностей регуляции организма спортсмена и его функциональных резервов. ВРС является одним из важнейших компонентов обследования спортсмена, с помощью которого возможно получить информацию об успешной адаптации его организма или дезадаптации, текущем функциональном

состоянии и перетренированности. Благодаря раннему выявлению перетренированности можно предотвратить значительную часть спортивных травм [28].

Исследования показывают, что вегетативная регуляция у спортсменов, описанная с помощью ВРС, значительно отличается от таковой у здоровых людей. В зависимости от типа выполняемой тренировочной и соревновательной работы показатель ВРС имеет свои индивидуальные особенности с преобладанием того или иного компонента [5]. Повышение и снижение ВРС у спортсменов связано с негативной адаптацией. При этом нетипичное снижение показателя ВРС наблюдается и при положительной адаптации, которая выражается в повышении кардиореспираторной выносливости [29].

Согласно данным Е.А. Двурековой и И.И. Шуманского, у спортсменов с нормотонией, занимающихся ударными единоборствами (тхэквондо), отмечается увеличение активности симпатического отдела ВНС в соревновательный период, при этом в пределах нормы находится значение стресс-индекса. Единоборцам с симпатикотонией в подготовительном периоде присуще напряжение системы вегетативного обеспечения, также у них наблюдается развитие гиперактивации симпатического отдела ВНС и нарастание симпатических влияний во время всего тренировочного годичного макроцикла [4].

Важнейшую роль в изменении показателей сердечного ритма спортсмена играет спортивная специализация. При анализе сердечного ритма легкоатлетов (представителей циклических видов спорта) и спортсменов, занимающихся единоборствами, было выявлено, что для первых характерны симпатикотонические изменения показателей, что свидетельствует о худшей адаптивной способности сердца относительно единоборцев [30].

На результат спортивной деятельности огромное влияние оказывает стресс-фактор, который может привести к дисфункции регуляторных механизмов. Как показывают исследования [31], организм единоборцев ударного типа имеет высокие адаптационные резервы и характе-

ризуется оптимальным их использованием при физическом стрессе, что свидетельствует об отличном функциональном состоянии организма. С учетом травмоопасности единоборств и их технических особенностей, для оптимизации функциональных систем организма спортсменов могут использоваться циклические нагрузки с целью развития выносливости.

Заключение. Проблема структурно-функциональных и нейрофизиологических аспектов обеспечения спортивной деятельности кикбоксеров является актуальной и требует комплексного подхода в ее исследовании. Углубленная

специализация в кикбоксинге и организация индивидуального тренировочного процесса, определяющие средства, методы и уровни тренировочной и соревновательной нагрузки, должны быть основаны на индивидуальном персонализированном нейрофизиологическом профиле спортсмена. Изучение обозначенных выше аспектов необходимо для оценки и корректировки тренировочного процесса кикбоксеров на всех этапах подготовки в зависимости от стиля ведения поединка и разделов выступления.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Den Hartigh R.J.R., Niessen A.S.M., Frencken W.G.P., Meijer R.R. Selection Procedures in Sports: Improving Predictions of Athletes' Future Performance // *Eur. J. Sport Sci.* 2018. Vol. 18, № 9. P. 1191–1198. DOI: [10.1080/17461391.2018.1480662](https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1480662)
2. Michael S.L., Wright C., Mays Woods A., van der Mars H., Brusseau T.A., Stodden D.F., Burson S.L., Fisher J., Killian C.M., Mulhearn S.C., Nesbitt D.R., Pfledderer C.D. Rationale for the Essential Components of Physical Education // *Res. Q. Exerc. Sport.* 2021. Vol. 92, № 2. P. 202–208. DOI: [10.1080/02701367.2020.1854427](https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1854427)
3. Rydzik Ł., Maciejczyk M., Czarny W., Kędra A., Ambroży T. Physiological Responses and Bout Analysis in Elite Kickboxers During International K1 Competitions // *Front. Physiol.* 2021. Vol. 12. Art. № 691028. DOI: [10.3389/fphys.2021.691028](https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691028)
4. Деврекова Е.А., Шуманский И.И. Динамика физической работоспособности единоборцев в годичном тренировочном цикле в зависимости от типа вегетативной регуляции // *Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* 2021. № 12(202). С. 123–126. DOI: [10.34835/issn.2308-1961.2021.12.p123-126](https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2021.12.p123-126)
5. Kiss O., Sydó N., Vargha P., Vágó H., Czibalmos C., Édes E., Zima E., Apponyi G., Merkely G., Sydó T., Becker D., Allison T.G., Merkely B. Detailed Heart Rate Variability Analysis in Athletes // *Clin. Auton. Res.* 2016. Vol. 26, № 4. P. 245–252. DOI: [10.1007/s10286-016-0360-z](https://doi.org/10.1007/s10286-016-0360-z)
6. Cugankiewicz I., Zareba W. Heart Rate Variability // *Handb. Clin. Neurol.* 2013. Vol. 117. P. 379–393. DOI: [10.1016/B978-0-444-53491-0.00031-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53491-0.00031-6)
7. Марков К.К., Сивохов В.Л., Чечев И.С. Экспериментальные исследования уровня психомоторных качеств высококвалифицированных кикбоксеров // *Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та.* 2013. № 5(76). С. 269–274.
8. Турманидзе В.Г., Салугин Ф.В., Фоменко А.А., Синельникова Т.В., Горская И.Ю., Герасимов М.В. Оценка функционирования центральной нервной системы кикбоксеров высокой квалификации разделов К-1 и лайт-контакт // *Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* 2019. № 9(175). С. 300–304.
9. Коломиец О.И., Петрушкина Н.П., Быков Е.В., Якубовская И.А. Особенности функционального состояния центральной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса // *Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта.* 2017. Т. 12, № 2. С. 217–225.
10. Суңцов С.А. Возрастные изменения нейродинамических характеристик ЦНС спортсменов-единоборцев 12–14 лет // *Физ. культура. Спорт. Туризм. Двигат. рекреация.* 2016. Т. 1, № 4. С. 65–67.
11. Соколова Л.В., Суңцов С.А. Динамика показателей функционального состояния центральной нервной системы спортсменов-единоборцев 12–14 лет // *Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки.* 2015. № 4. С. 99–106. DOI: [10.17238/issn2308-3174.2015.4.99](https://doi.org/10.17238/issn2308-3174.2015.4.99)
12. Лукьяненко В.П., Петрякова В.Г., Денисенко В.С. Особенности физической подготовки юных спортсменов, занимающихся кикбоксингом в системе дополнительного образования // *Изв. Тул. гос. ун-та. Физ. культура. Спорт.* 2020. Вып. 10. С. 135–141. DOI: [10.24411/2305-8404-2020-11018](https://doi.org/10.24411/2305-8404-2020-11018)

13. Михайлов А.С., Илькин А.Н. Методика совершенствования координационных способностей кикбоксеров 16–17 лет // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2019. № 10(176). С. 226–230.
14. Loturco I., Pereira L.A., Kobal R., Fernandes V., Reis V.P., Romano F., Alves M., Freitas T.T., McGuigan M. Transference Effect of Short-Term Optimum Power Load Training on the Punching Impact of Elite Boxers // J. Strength Cond. Res. 2021. Vol. 35, № 9. P. 2373–2378. DOI: [10.1519/JSC.0000000000003165](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003165)
15. Hartmann H., Wirth K., Keiner M., Mickel C., Sander A., Szilvas E. Short-Term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-Strength Performance // Sports Med. 2015. Vol. 45, № 10. P. 1373–1386. DOI: [10.1007/s40279-015-0355-2](https://doi.org/10.1007/s40279-015-0355-2)
16. Корженевский А.Н., Филиппова Ю.В. Адаптация юных единоборцев к тестирующим нагрузкам различной интенсивности // Вестн. спортив. науки. 2008. № 3. С. 21–25.
17. Rydzik Ł., Ambroży T. Physical Fitness and the Level of Technical and Tactical Training of Kickboxers // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. Vol. 18, № 6. Art. № 3088. DOI: [10.3390/ijerph18063088](https://doi.org/10.3390/ijerph18063088)
18. Chaabène H., Tabben M., Mkaouer B., Franchini E., Negra Y., Hammami M., Amara S., Chaabène R.B., Hachana Y. Amateur Boxing: Physical and Physiological Attributes // Sports Med. 2015. Vol. 45, № 3. P. 337–352. DOI: [10.1007/s40279-014-0274-7](https://doi.org/10.1007/s40279-014-0274-7)
19. Полякова Н.Н., Зобкова Е.В. Адаптация организма спортсменов различной специализации к мышечным усилиям // Изв. Тул. гос. ун-та. Физ. культура. Спорт. 2020. Вып. 1. С. 76–84. DOI: [10.24411/2305-8404-2020-10110](https://doi.org/10.24411/2305-8404-2020-10110)
20. Ambroży T., Rydzik Ł., Obmiński Z., Klimek A.T., Serafin N., Litwiniuk A., Czaja R., Czarny W. The Impact of Reduced Training Activity of Elite Kickboxers on Physical Fitness, Body Build, and Performance during Competitions // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. Vol. 18, № 8. Art. № 4342. DOI: [10.3390/ijerph18084342](https://doi.org/10.3390/ijerph18084342)
21. Mahalakshmi B., Maurya N., Lee S.D., Bharath Kumar V. Possible Neuroprotective Mechanisms of Physical Exercise in Neurodegeneration // Int. J. Mol. Sci. 2020. Vol. 21, № 16. Art. № 5895. DOI: [10.3390/ijms21165895](https://doi.org/10.3390/ijms21165895)
22. Терзи М.С., Сарайкин Д.А., Павлова В.И., Камскова Ю.Г. Психофизиологические детерминанты спортивного мастерства единоборцев // Теория и практика физ. культуры. 2014. № 12. С. 66–70.
23. Качёва М.С. Психические состояния как критерии помехоустойчивости спортсмена // Изв. Сарат. ун-та. Новая сер. Сер.: Акмеология образования. Психология развития. 2012. Т. 1, вып. 1. С. 20–23. DOI: [10.18500/2304-9790-2012-1-1-20-23](https://doi.org/10.18500/2304-9790-2012-1-1-20-23)
24. Смирнова В.С., Мальцев В.П. Гендерные особенности пластичности нервных процессов младших подростков 11–13 лет // Новые исследования. 2016. № 1(46). С. 37–45.
25. Гайнуллина А.Ф., Хакимов Э.Р., Огуречников Д.Г., Шаяхметова Э.Ш. Особенности функционального состояния организма юных боксеров в специально-подготовительном этапе годичного цикла подготовки // Журн. науч. ст. «Здоровье и образование в XXI веке». 2017. Т. 19, № 8. С. 91–95.
26. Scheffer D.D.L., Latini A. Exercise-Induced Immune System Response: Anti-Inflammatory Status on Peripheral and Central Organs // Biochim. Biophys. Acta Mol. Basis Dis. 2020. Vol. 1866, № 10. Art. № 165823. DOI: [10.1016/j.bbadis.2020.165823](https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165823)
27. Ловыгина О.Н., Корюкин Д.А., Сидоров Р.В. Влияние занятий физической культурой и различными видами спорта на сенсомоторные реакции у студентов // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. 2021. Т. 16, № 4. С. 112–117. DOI: [10.14526/2070-4798-2021-16-4-112-117](https://doi.org/10.14526/2070-4798-2021-16-4-112-117)
28. Walters B.K., Read C.R., Estes A.R. The Effects of Resistance Training, Overtraining, and Early Specialization on Youth Athlete Injury and Development // J. Sports Med. Phys. Fitness. 2018. Vol. 58, № 9. P. 1339–1348. DOI: [10.23736/S0022-4707.17.07409-6](https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07409-6)
29. Plews D.J., Laursen P.B., Stanley J., Kilding A.E., Buchheit M. Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring // Sports Med. 2013. Vol. 43, № 9. P. 773–781. DOI: [10.1007/s40279-013-0071-8](https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8)
30. Кузнецов В.В., Трегубова С.Н. Сравнительный анализ динамики статистических характеристик сердечного ритма у спортсменов-атлетов и спортсменов боевых единоборств на разных этапах тренировочного цикла // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2020. № 5(183). С. 231–235. DOI: [10.34835/issn.2308-1961.2020.5.p231-235](https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2020.5.p231-235)
31. Самикулин П.Н., Грязных А.В., Кучин Р.В., Нененко Н.Д. Изменения вариабельности ритма сердца в ответ на мышечную нагрузку и их взаимосвязь с концентрацией стероидных гормонов у юношей с различной спецификой тренированности // Человек. Спорт. Медицина. 2018. Т. 18, № 1. С. 33–45. DOI: [10.14529/hsm180103](https://doi.org/10.14529/hsm180103)

References

1. Den Hartigh R.J.R., Niessen A.S.M., Frencken W.G.P., Meijer R.R. Selection Procedures in Sports: Improving Predictions of Athletes' Future Performance. *Eur. J. Sport Sci.*, 2018, vol. 18, no. 9, pp. 1191–1198. DOI: [10.1080/17461391.2018.1480662](https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1480662)
2. Michael S.L., Wright C., Mays Woods A., van der Mars H., Brusseau T.A., Stodden D.F., Burson S.L., Fisher J., Killian C.M., Mulhearn S.C., Nesbitt D.R., Pfladderer C.D. Rationale for the Essential Components of Physical Education. *Res. Q. Exerc. Sport*, 2021, vol. 92, no. 2, pp. 202–208. DOI: [10.1080/02701367.2020.1854427](https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1854427)
3. Rydzik Ł., Maciejczyk M., Czarny W., Kędra A., Ambroży T. Physiological Responses and Bout Analysis in Elite Kickboxers During International K1 Competitions. *Front. Physiol.*, 2021, vol. 12. Art. no. 691028. DOI: [10.3389/fphys.2021.691028](https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691028)
4. Dvurekova E.A., Shumanskiy I.I. Dinamika fizicheskoy rabotosposobnosti edinobortsev v godichnom trenirovochnom tsikle v zavisimosti ot tipa vegetativnoy regulyatsii [Dynamics of Physical Working Capacity of the Combat Athletes in the Annual Training Cycle Depending on the Type of Vegetative Regulation]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2021, no. 12, pp. 123–126. DOI: [10.34835/issn.2308-1961.2021.12.p123-126](https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2021.12.p123-126)
5. Kiss O., Sydó N., Vargha P., Vágó H., Czibalmos C., Édes E., Zima E., Apponyi G., Merkely G., Sydó T., Becker D., Allison T.G., Merkely B. Detailed Heart Rate Variability Analysis in Athletes. *Clin. Auton. Res.*, 2016, vol. 26, no. 4, pp. 245–252. DOI: [10.1007/s10286-016-0360-z](https://doi.org/10.1007/s10286-016-0360-z)
6. Cygankiewicz I., Zareba W. Heart Rate Variability. *Handb. Clin. Neurol.*, 2013, vol. 117, pp. 379–393. DOI: [10.1016/B978-0-444-53491-0.00031-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53491-0.00031-6)
7. Markov K.K., Sivokhov V.L., Chechev I.S. Eksperimental'nye issledovaniya urovnya psikhomotornykh kachestv vysokokvalifitsirovannykh kikkokserov [Experimental Studies of Psychomotor Quality Level of Highly Skilled Kickboxers]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, no. 5, pp. 269–274.
8. Turmanidze V.G., Salugin F.V., Fomenko A.A., Sinel'nikova T.V., Gorskaya I.Yu., Gerasimov M.V. Otsenka funktsionirovaniya tsentral'noy nervnoy sistemy kikkokserov vysokoy kvalifikatsii razdelov K-1 i layt-kontakt [Assessment of Central Nervous System Functioning for High Qualification Kickboxers in Sections K-1 and Light Contact]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2019, no. 9, pp. 300–304.
9. Kolomiets O.I., Petrushkina N.P., Bykov E.V., Yakubovskaya I.A. Osobennosti funktsional'nogo sostoyaniya tsentral'noy nervnoy sistemy u sportsmenov s razlichnoy napravlennoy trenirovochnogo protsessa [Functional State Characteristics of Central Nervous System Among Sportsmen with Different Orientation of the Training Process]. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 217–225.
10. Suntsov S.A. Vozrastnye izmeneniya neyrodinamicheskikh kharakteristik TsNS sportsmenov-edinobortsev 12–14 let [Age Changes of Neurodynamic Characteristics of CNS in Combatants of 12–14 Years Old]. *Fizicheskaya kul'tura. Sport. Turizm. Dvigatel'naya rekreatsiya*, 2016, vol. 1, no. 4, pp. 65–67.
11. Sokolova L.V., Suntsov S.A. Dinamika pokazateley funktsional'nogo sostoyaniya tsentral'noy nervnoy sistemy sportsmenov-edinobortsev 12–14 let [Dynamics of the Functional State of the Central Nervous System in Combat Athletes Aged 12–14 Years]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2015, no. 4, pp. 99–106. DOI: [10.17238/issn2308-3174.2015.4.99](https://doi.org/10.17238/issn2308-3174.2015.4.99)
12. Luk'yanenko V.P., Petryakova V.G., Denisenko V.S. Osobennosti fizicheskoy podgotovki yunyykh sportsmenov, zanimayushchikhsya kikkoksingom v sisteme dopolnitel'nogo obrazovaniya [Peculiarities of Physical Training of Young Kickboxers in the System of Additional Education]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport*, 2020, no. 10, pp. 135–141. DOI: [10.24411/2305-8404-2020-11018](https://doi.org/10.24411/2305-8404-2020-11018)
13. Mikhaylov A.S., Il'kin A.N. Metodika sovershenstvovaniya koordinatsionnykh sposobnostey kikkokserov 16–17 let [Methodology for Improvement of Coordination Abilities of Kickboxers Aged 16–17 Years Old]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2019, no. 10, pp. 226–230.
14. Loturco I., Pereira L.A., Kobal R., Fernandes V., Reis V.P., Romano F., Alves M., Freitas T.T., McGuigan M. Transference Effect of Short-Term Optimum Power Load Training on the Punching Impact of Elite Boxers. *J. Strength Cond. Res.*, 2021, vol. 35, no. 9, pp. 2373–2378. DOI: [10.1519/JSC.0000000000003165](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003165)
15. Hartmann H., Wirth K., Keiner M., Mickel C., Sander A., Szilvas E. Short-Term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-Strength Performance. *Sports Med.*, 2015, vol. 45, no. 10, pp. 1373–1386. DOI: [10.1007/s40279-015-0355-2](https://doi.org/10.1007/s40279-015-0355-2)

16. Korzhenevskiy A.N., Filippova Yu.V. Adaptatsiya yunikh edinobortsev k testiruyushchim nagruzkam razlichnoy intensivnosti [Adaptation of Young Martial Artists to Test Loadings of Various Intensity]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2008, no. 3, pp. 21–25.

17. Rydzik Ł., Ambroży T. Physical Fitness and the Level of Technical and Tactical Training of Kickboxers. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 6. Art. no. 3088. DOI: [10.3390/ijerph18063088](https://doi.org/10.3390/ijerph18063088)

18. Chaabène H., Tabben M., Mkaouer B., Franchini E., Negra Y., Hammami M., Amara S., Chaabène R.B., Hachana Y. Amateur Boxing: Physical and Physiological Attributes. *Sports Med.*, 2015, vol. 45, no. 3, pp. 337–352. DOI: [10.1007/s40279-014-0274-7](https://doi.org/10.1007/s40279-014-0274-7)

19. Polyakova N.N., Zobkova E.V. Adaptatsiya organizma sportstmenov razlichnoy spetsializatsii k myshechnym usiliyam [Adaptation of the Organism of Athletes of Different Specialization to Muscular Efforts]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport*, 2020, no. 1, pp. 76–84. DOI: [10.24411/2305-8404-2020-10110](https://doi.org/10.24411/2305-8404-2020-10110)

20. Ambroży T., Rydzik Ł., Obmiński Z., Klimek A.T., Serafin N., Litwiniuk A., Czaja R., Czarny W. The Impact of Reduced Training Activity of Elite Kickboxers on Physical Fitness, Body Build, and Performance During Competitions. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 8. Art. no. 4342. DOI: [10.3390/ijerph18084342](https://doi.org/10.3390/ijerph18084342)

21. Mahalakshmi B., Maurya N., Lee S.D., Bharath Kumar V. Possible Neuroprotective Mechanisms of Physical Exercise in Neurodegeneration. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 16. Art. no. 5895. DOI: [10.3390/ijms21165895](https://doi.org/10.3390/ijms21165895)

22. Terzi M.S., Saraykin D.A., Pavlova V.I., Kamskova Yu.G. Psikhofiziologicheskie determinanty sportivnogo masterstva edinobortsev [Physiological Determinants of Sports Skills of Combatants]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2014, no. 12, pp. 66–70.

23. Tkacheva M.S. Psikhicheskie sostoyaniya kak kriterii pomekhoustoychivosti sportstmena [The Mental Conditions as Criteria of Athlete's Hindrance Resistance]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Ser.: Akmeologiya obrazovaniya. Psikhologiya razvitiya*, 2012, vol. 1, no. 1, pp. 20–23. DOI: [10.18500/2304-9790-2012-1-1-20-23](https://doi.org/10.18500/2304-9790-2012-1-1-20-23)

24. Smirnova V.S., Mal'tsev V.P. Gendernye osobennosti plastichnosti nervnykh protsessov mladshikh podrostkov 11–13 let [Gender-Specific Neuroplasticity in Young Teenagers at the Age of 11–13 Years Old]. *Novye issledovaniya*, 2016, no. 1, pp. 37–45.

25. Gaynullina A.F., Khakimov E.R., Ogurechnikov D.G., Shayakhmetova E.Sh. Osobennosti funktsional'nogo sostoyaniya organizma yunikh bokserov v spetsial'no-podgotovitel'nom etape godichnogo tsikla podgotovki [Features of Functional State of Organism of Young Boxers in a Specially-Preparatory Phase of the Annual Training Cycle]. *Zhurnal nauchnykh statey "Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke"*, 2017, vol. 19, no. 8, pp. 91–95.

26. Scheffer D.D.L., Latini A. Exercise-Induced Immune System Response: Anti-Inflammatory Status on Peripheral and Central Organs. *Biochim. Biophys. Acta Mol. Basis Dis.*, 2020, vol. 1866, no. 10. Art. no. 165823. DOI: [10.1016/j.bbadis.2020.165823](https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165823)

27. Lovygina O.N., Koryukin D.A., Sidorov R.V. The Influence of Physical Culture Lessons and Different Kinds of Sport on Sensorimotor Reactions of Students. *Russ. J. Phys. Educ. Sport*, 2021, vol. 16, pp. 112–117 (in Russ.). DOI: [10.14526/2070-4798-2021-16-4-112-117](https://doi.org/10.14526/2070-4798-2021-16-4-112-117)

28. Walters B.K., Read C.R., Estes A.R. The Effects of Resistance Training, Overtraining, and Early Specialization on Youth Athlete Injury and Development. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2018, vol. 58, no. 9, pp. 1339–1348. DOI: [10.23736/S0022-4707.17.07409-6](https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07409-6)

29. Plews D.J., Laursen P.B., Stanley J., Kilding A.E., Buchheit M. Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Med.*, 2013, vol. 43, no. 9, pp. 773–781. DOI: [10.1007/s40279-013-0071-8](https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8)

30. Kuznetsov V.V., Tregubova S.N. Sravnitel'nyy analiz dinamiki statisticheskikh kharakteristik serdechnogo ritma u sportstmenov-atletov i sportstmenov boevykh edinoborstv na raznykh etapakh trenirovochnogo tsikla [Comparative Analysis of the Heart Rate Statistical Characteristics Dynamics in Athletes and Combat Athletes at Different Stages of the Training Cycle]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2020, no. 5, pp. 231–235. DOI: [10.34835/issn.2308-1961.2020.5.p231-235](https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2020.5.p231-235)

31. Samikulin P.N., Gryaznikh A.V., Kuchin R.V., Nenenko N.D. Changes in Heart Rate Variability in Response to Muscular Load and Their Correlation with the Concentration of Steroid Hormones in Young Males with Different Training Specifics. *Hum. Sport Med.*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 33–45 (in Russ.). DOI: [10.14529/hsm180103](https://doi.org/10.14529/hsm180103)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z122

*Mikhail Yu. Belyakov** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7640-2450>

*Viktor P. Mal'tsev** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

*Surgut State Pedagogical University
(Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug–Yugra, Russian Federation)

STRUCTURAL-FUNCTIONAL AND NEUROPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF KICKBOXERS' SPORTS ACTIVITIES (Review)

The analysis of scientific and methodological literature revealed very few works on the neurophysiology and development of physical qualities in kickboxers. Papers of recent years focus on high-level athletes. However, the structural-functional and neurophysiological features of kickboxers' sports activities in the process of perfecting their skills remain insufficiently studied. For kickboxers, the key physical abilities playing an important role in fulfilling sports potential and achieving high results include strength, speed-strength, technical-tactical, and psychological abilities, as well as endurance. In scientific literature, the psychophysiological status of a combat athlete is determined based on the methods evaluating sensorimotor reactions of different modalities and complexity. As kickboxers reach higher levels in their sport, we observe optimization and economization of structural and functional adaptation mechanisms in the nervous, neuromuscular, and sensorimotor systems. Studies on neurophysiological adaptive changes in response to physical loads in combat athletes (including kickboxers) reflect multidirectional results. For instance, it has been established that the activity of the sympathetic nervous system in combat athletes increases at normotonia during the competitive, while at sympathicotonia, during the preparatory period. Other studies demonstrate that this group of athletes has optimal adaptive reserves and higher adaptive capacity of the heart compared to representatives of other sports. A personalized training process with specialization in kickboxing should be organized taking into account athletes' individual neurophysiological profiles in order to choose the means, methods and level of the training and competitive loads to achieve the goals set.

Keywords: *combat sports, kickboxing, athlete's physical qualities, sensorimotor performance, athlete's neurophysiological profile, success of competitive activity, personalization of the training process.*

Received 28 June 2022

Accepted 6 October 2022

Published 28 November 2022

Поступила 28.06.2022

Принята 06.10.2022

Опубликована 28.11.2022

Corresponding author: Viktor Mal'tsev, address: ul. 50 let VLKSM 10/2, Surgut, 628400, Khanty-Mansiyskiy avtonomnyy okrug – Yugra, Russian Federation; e-mail: mal585@mail.ru

For citation: Belyakov M. Yu., Mal'tsev V.P. Structural-Functional and Neurophysiological Aspects of Kickboxers' Sports Activities (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 395–404. DOI: 10.37482/2687-1491-Z122