

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.5

УДК: 612.821; 612.82/.83

## Запредельное торможение и работоспособность при экстремальной деятельности человека

А.А. Артеменков

ФГБОУ ВО Череповецкий государственный университет, Правительство РФ, г. Череповец, Россия

### РЕЗЮМЕ

В данном обзоре обобщены сведения о запредельном торможении поведения человека в экстремальных условиях. Показано, что корковые клетки имеют предел работоспособности, при достижении которого развивается запредельное торможение, предохраняющее организм от чрезмерного истощения. В основе запредельного торможения лежит деятельность кортико-спинальных нейрональных механизмов. На скорость развития запредельного торможения влияет эмоциональное возбуждение. Анатомическим субстратом формирования запредельных состояний служат нейронные сети коры, подкорковых образований (базальных ядер, лимбической системы), структур стволовой части мозга. Одним из нейромодуляторов обеспечения запредельных психических состояний является дофамин. Кортиксин и милдронат повышают работоспособность мозга в экстремальных условиях. Стимуляция центральной нервной системы (ЦНС) уменьшает центральное утомление и, следовательно, повышает работоспособность. Гипоксия мозга, напротив, снижает эффективность физических упражнений при экстремальной деятельности. В дезадаптивном состоянии в ЦНС преобладают тормозные процессы и у человека быстрее возникает утомление и запредельное торможение.

**Ключевые слова:** нейробиология, экстремальные условия, запредельное торможение, работоспособность, утомление, дезадаптация

**Для цитирования:** Артеменков А.А. Запредельное торможение и работоспособность при экстремальной деятельности человека // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 5-15. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.5.

## Protective inhibition and workability during extreme human activity

Aleksey A. Artemenkov

P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

### ABSTRACT

This review summarizes information on the protective inhibition of human behavior in extreme conditions. It has been shown that cortical cells have a limit of working capacity, upon reaching which protective inhibition develops, which protects the body from excessive exhaustion. The basis of the protective inhibition is the activity of corticospinal neuronal mechanisms. Emotional arousal affects the speed of development of the protective inhibition. The neural networks of the cortex, subcortical formations (basal nuclei, limbic system), and the structures of the brain stem are the anatomical substrate for the formation of transcendental states. One of the neuromodulators providing the transcendental mental states is dopamine. Cortixin and Mildronate increase brain efficiency in extreme conditions. Stimulation of the central nervous system reduces central fatigue and, consequently, increases working capacity. Hypoxia of the brain, on the contrary, reduces the effectiveness of physical exercises in extreme activities. In the disadaptive state, the inhibitory processes prevail in the central nervous system and the fatigue and the protective inhibition occur more quickly.

**Key words:** neurobiology, extreme conditions, protective inhibition, working capacity, fatigue, disadaptation

**For citation:** Artemenkov AA. Protective inhibition and workability during extreme human activity. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):5-15. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.5.

### 1.1 Введение

В нынешних социально-экономических условиях современному человеку довольно часто приходится выполнять умственные и физические нагрузки на пределе своих резервных возможностей. Зачастую трудовая, спортивная, служебная и иная деятельность человека в экстремальных условиях связана с возникновением запредельных психических состояний. Можно без сомнения утверждать, что различные формы запредельного

напряжения вызывают дезинтеграцию высшей нервной деятельности человека и нередко приводят к ошибочным действиям. То обстоятельство, что поведение человека в экстремальных условиях реализуется в зависимости от преобладания возбуждательного или тормозного процесса, указывает на сложную организацию деятельности в таких условиях.

В этой связи следует обратиться к работам великих русских физиологов И.М. Сеченова и И.П. Павлова,

определивших развитие физиологии ВНД и нейробиологии на много лет вперед. Мы имеем в виду значимое открытие И.М. Сеченовым процесса торможения в головном мозге лягушки. По этому поводу он говорил, что всякое противодействие чувственному раздражению должно заключаться в игре механизмов, задерживающих отраженные движения [1]. Следует напомнить, что И.П. Павлов сформулировал представление о пределе работоспособности нервных клеток и открыл запредельное торможение. Он показал, что интенсивность условного раздражителя возрастает до некоторого предела, после которого рефлекторный ответ не усиливается, а происходит его уменьшение или полное затормаживание рефлекса. Торможение, развивающееся в коре мозга в ответ на действие сильных, частых (сверхмаксимальных или длительных монотонных) раздражителей, он назвал запредельным торможением [2].

Главенствующая роль запредельного торможения поведения во всех видах деятельности человека, особенно связанных с экстремальными условиями среды, наводит нас на мысль о том, что здесь мы имеем дело с новым направлением физиологических (нейробиологических) исследований, которое правильно было бы назвать как «физиологию запредельных состояний». Никто не станет отрицать, что запредельные состояния животных и человека реализуются в ходе интегративной деятельности мозга. В чрезвычайных условиях деятельности человека задействованы многочисленные анатомические структуры и функциональные связи головного и спинного мозга, а также нейромедиаторные и гормональные процессы. Весь этот комплекс системообразующей деятельности обеспечивается центральной интеграцией функций. Мы не сомневаемся в том, что выявление закономерностей деятельности коры головного мозга при возникновении запредельных состояний человека и торможение или инициация поведения являются одной из актуальных задач нейронаук.

Эти и другие обстоятельства побуждают нас к более глубокому изучению пределов работоспособности корковых нейронов головного мозга человека и к всестороннему нейробиологическому анализу запредельных форм психических состояний. Мы полагаем, что именно выявление закономерностей нейроадаптивных преобразований мозга и организация поведения человека в экстремальных условиях будут определять его успехи в достижении самых высоких результатов в различных сферах деятельности.

**Цель данной работы** – обобщение сведений по возникновению запредельного торможения и работоспособности человека при экстремальной деятельности.

#### **Нейрофизиология и психофизиология запредельных состояний**

И.П. Павлов указывал, что запредельное торможение, не будучи само утомлением, выступает в роли охранителя корковой клетки и предупреждает дальнейшее

чрезмерное и опасное разрушение этой исключительной клетки [3].

В современном понимании данного явления некоторые авторы [4] указывают, что запредельное торможение, возникающее на сверхсильный раздражитель, можно рассматривать как генетически обусловленное торможение поведения. Функциональная роль такого торможения всегда направлена на обеспечение выживания организма в постоянно меняющихся условиях среды. Это позволяет предположить, что в поведенческом плане перевозбуждение, возникшее в ходе интенсивной деполаризации нейронов, возможно, лежит в основе запредельного торможения.

Есть основания полагать, что многолетняя экстремальная мышечная деятельность человека сопровождается специфической нейрональной адаптацией на корковом и спинальном уровнях ЦНС. В этих процессах принимают участие облегчающие и тормозные кортикоспинальные механизмы управления мышечным сокращением. Примечательно, что у высококвалифицированных спортсменов, по сравнению с низкоквалифицированными, не имеющими адаптации к экстремальной деятельности, в ответах на магнитную стимуляцию, выполняемую на фоне изометрического сокращения разной величины и длительности, на корковом уровне происходит большее повышение возбудимости корковых нейронов, меньшее снижение времени центрального моторного проведения и, как следствие, менее выраженное интракортикальное торможение [5].

Некоторые авторы считают [6], что угнетение соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга можно рассматривать как проявление запредельного (защитного) торможения афферентного звена нервной системы. Совершенно очевидно, что запредельное торможение (предельное ограничение) может ограничивать поведенческую деятельность человека при обучении. Бессилие в преодолении возникших трудностей (сложность учебного материала, большая учебная нагрузка, недостаточный багаж знаний ученика, неправильный выбор способа обучения и т.д.) тормозит учебную деятельность. Кроме того, эмоциональное напряжение обучающихся, особенно в экстремальной ситуации экзамена, способствует формированию в ЦНС запредельного торможения и нарушению баланса процессов возбуждения и торможения [7, 8].

Кроме того, психоэмоциональное напряжение в экстремальных условиях вызывает иррадиацию возбуждения в ЦНС. Оно является помехой для нормальной жизнедеятельности и для процесса концентрации возбуждения в необходимых областях нервной системы. Все это приводит вначале к снижению когнитивных функций, а затем – к запредельному торможению в коре больших полушарий [9].

Мы не сомневаемся в том, что перспективным является информационный подход к изучению проблемы развития запредельных состояний человека. По мнению

М.М. Хананашвили [10], в восходящем эволюционном ряду имеет место возрастание роли приспособительной деятельности головного мозга к усложняющейся информационной среде (сочетанию трех факторов – объема информации, фактора времени и уровня мотивации). Согласно теории переходного состояния М.М. Хананашвили, вслед за действием на организм патогенного раздражителя выявляется состояние, непосредственно предшествующее устойчивой патологии. Это состояние имеет бифункциональную природу (биологически положительная, защитная и биологически негативная защитная реакция организма). В этой связи К.В. Судачковым [11] сделана попытка построения церебральной архитектуры системной организации психической деятельности, объединяющей физиологические и информационные (идеальные) процессы в их тесном взаимодействии.

Топографическая организация коры представляет собой пространственную структуру для множества крупномасштабных сетей и характеризует спектр нейродинамики от унимодальной до гетеромодальной активности в функциональном метаанализе [12]. Это позволяет обрабатывать трансмодальную информацию, не связанную с непосредственным сенсорным входом.

Зарубежными авторами [13] показано, что у людей есть четкие пределы в их способности решать сложные проблемы в ходе рассуждений. Считается, что такие ограничения возникают из-за гибкой перегруппировки функциональных сетей мозга. Менее ясно, как такие адаптивные изменения связаны с устойчивыми внутренними сетями мозга и поведенческими характеристиками. Имеющиеся данные доказывают, что гибкость в нейронных сетях мозга человека является неотъемлемой частью достижения успешных результатов на разных уровнях когнитивной деятельности.

Представляет интерес изучение эндокринных и метаболических процессов у военнослужащих специальной полиции при экстремальной деятельности. Было показано, что пребывание военнослужащих в зоне местного вооруженного конфликта оказало заметное влияние на структуру их адаптивных реакций. Гормональная дисрегуляция и снижение эффективности защитных систем организма были наиболее выраженными в течение осенне-зимнего сезона. Нарушенная эндокринная регуляция зимой (весной) приводила к нежелательным изменениям липидного обмена и к увеличению нагрузки на защитную функцию, опосредованную с помощью биологически активных радикалов [14].

Нет сомнения в том, что в условиях оптимальной адаптации к обучению процессы возбуждения и торможения в коре головного мозга и в подкорковых образованиях (прежде всего в структурах лимбической системы и гипоталамуса) уравновешены. При таком состоянии нервных процессов у студентов регистрируется высокая физическая работоспособность. Напротив, у некоторых обучающихся, при длительной афферентной сенсорной

стимуляции мозговых образований при запредельном психическом напряжении и /или чрезмерном моторном возбуждении, доминантный очаг возбуждения может сформироваться в двигательном анализаторе. Из моторной коры по нисходящим нервным путям модулирующие влияния могут оказывать тормозящее или возбуждающее действие на подкорковые нервные центры, ответственные за эмоционально-вегетативные функции. При этом формируются разные типы дезадаптивных реакций, снижающие эффективность мышечной деятельности [15]. И все же можно констатировать, что лица, обладающие высоким уровнем подвижности и силы нервных процессов, характеризуются успешностью в учебной деятельности, устойчивостью к стрессу в отличие от обучающихся с низкими показателями подвижности и силы нервных процессов [16].

Показано [17], что выработка динамических стереотипных движений при последовательной монотонной работе по сборке картинки из 20 пазлов происходит к пятой попытке, при этом время работы в среднем уменьшается с 2,23 до 0,87 мин. С шестой попытки время сборки пазлов начинает расти, что свидетельствует о развитии утомления и запредельного торможения в ЦНС. В свою очередь, длительность работоспособности нейронов коры и фаза утомления при выполнении велоэргометрической нагрузки (мощностью 3 Вт/кг) у девушек ниже, чем у юношей. Период наступления утомления и запредельного торможения у девушек возникает раньше, чем у юношей. Нижний и верхний пределы работоспособности нейронов коры головного мозга у девушек ниже, чем у юношей.

Во время выполнения ступенчато-возрастающей нагрузки у 45,0% девушек запредельное торможение наступает через 6-7 мин после начала выполнения физической нагрузки при мощности нагрузки 130-150 Вт. Нижний предел работоспособности нейронов коры находится на уровне 70 Вт, а верхний – на уровне 190 Вт. Анализ данных работы показал, что деятельность нейронов двигательной зоны коры за верхним пределом работоспособности может быть описана термином «запредельная работоспособность». В связи с этим выдвинута гипотеза о произвольной возбудимости пирамидных нейронов коры мозга в период запредельной работоспособности. Главный вывод состоит в том, что биологическое значение запредельной работоспособности сводится к увеличению длительности мышечной деятельности при запоздывании утомления.

Таким образом, у корковой клетки действительно есть предел работоспособности, предохраняющий ее от чрезмерного истощения при действии на организм сверхсильных, длительных и монотонных раздражителей. Запредельное торможение поведения обеспечивает выживание организма в непрерывно меняющихся условиях среды обитания. Очевидно и то, что в нейроадаптации к экстремальным условиям среды принимают участие различные кортикоспинальные механизмы.

**Нейроанатомия, нейрохимия и нейрофармакология запредельных состояний**

Имеющиеся в литературе данные все больше указывают на то, что запредельные состояния связаны с деятельностью корково-подкорковых образований, стволовых и спинальных структур мозга и их нейронных сетей. Выявлено, что нейрональные процессы целостной деятельности мозга в норме и в сложных для организма условиях они всегда имеют нейромедиаторное и гормональное сопровождение. Приведем факты, доказывающие это утверждение. Так, результаты экспериментов, проведенных на беспородных собаках, показывают, что воздействие однократных двигательных нагрузок «до отказа» со стандартной скоростью бега, равной 15 км/ч, приводит к состоянию перенапряжения в клетках переднего рога спинного мозга, красного ядра и пирамидных клеток V слоя моторной коры. Скорость бега животных в этих условиях является определяющим фактором структурно-функциональных перестроек элементов центральной нервной системы [18].

Результаты экспериментов, проведенных на крысах-самцах линии Вистер, показывают, что комбинированное холодовое и болевое воздействие (плавание в воде при температуре + 7 °С со свинцовым грузилом массой, составляющей 10% от массы тела, и введение под дошвенный апоневроз 2%-ного раствора формалина) снижают адаптационные возможности организма, быстрее приводят к дезадаптации, негативно влияют на ресурсы вегетативной регуляции. Примечательно, что курсовое введение кортексина (10 инъекций) способствует активации ферментных систем нейронов, оптимизирует баланс возбуждающих и тормозных аминокислот, повышает биоэнергетику мозга, предотвращает образование свободных радикалов, приводит к удлинению времени плавания и нормализации показателей стрессовой реакции. Из этого можно заключить, что использование кортексина в экстремальных ситуациях повышает физическую работоспособность, стимулирует выносливость и выживание животных и, по-видимому, человека [19].

Известно, что спинной мозг беспозвоночных и позвоночных животных содержит сети нейронов, которые могут вызывать поведенческие локомоторные акты. Чтобы легко реагировать на экстремальные экологические условия, эти нервные сети должны быть гибкими и в то же время надежными. Эти свойства нейронных сетей обеспечивают нейромодуляторы (в частности, дофамин), играющие ключевую роль регуляции спинальных нейронных сетей [20].

У более высокоорганизованных организмов, например, у человека, нейромодуляторы также снижают эффективность двигательных функций при экстремальной деятельности. В этой связи важно подчеркнуть, что, например, у водолазов и подводников при начальном токсическом воздействии кислорода и азота на мозг нарушаются функции межнейрональных синапсов, что со-

провождается снижением физической работоспособности, психофизиологических показателей и памяти [21].

В этом отношении перспективным направлением исследований является грамотное нейрофармакологическое сопровождение запредельных состояний для минимизации ущерба здоровью. Согласно данным работы [22], однократный прием милдроната в дозе 250 мг студентами, при наличии у них синдрома дефицита внимания и гиперреактивности, повышает концентрацию внимания, силу нервных процессов и в целом стимулирует умственную работоспособность, не влияя на активность вегетативной нервной системы и гемодинамику.

На основе гипотезы о функциональной надежности регуляторных систем организма с использованием интегрального логарифмического показателя разработан надежный метод прогнозирования индивидуальной резистентности организма (по показателям гормональной регуляции) [23]. Доказано влияние нитратов на реакцию поглощения кислорода во время различных физических нагрузок у людей. Причем этот эффект может зависеть от интенсивности нагрузки. Однако не выявлено влияние нитратов на лактат плазмы крови при любой интенсивности тренировки. Нитраты не оказывали влияния на время истощения организма при сильной физической нагрузке. Очевидно, добавка нитратов уменьшала медленную компоненту поглощения кислорода только при выполнении упражнений с различной интенсивностью, что может указывать на зависящий от интенсивности эффект действия нитратов на реакцию поглощения кислорода [24].

В работе [25] в качестве модели исследования связанных с физической активностью изменений активности мозга использовались экстремальные упражнения (Ultra Triathlon). Было установлено, что работа мозга ассоциируется с поведенческими состояниями (например, сном) и модифицируется физической активностью, хотя на сегодняшний день неясно, какие компоненты (например, гормоны гипоталамо-гипофизарной и надпочечниковой систем или цитокины) связаны с физическими упражнениями.

Результаты исследований, представленные в работе [26], показывают, что комбинированные фармакологические и генетические манипуляции разблокируют временную фазовую модуляцию молекулярных циркадных часов супрахиазматического ядра мыши. Задача исследования состояла в объединении фармакологических и генетических манипуляций для стимулирования часового механизма супрахиазматического ядра к своим пределам. Показано, что циркадные колебания в экспрессии генов направляют электрическую активность супрахиазматического ядра. Есть основания полагать, что регуляция времени супрахиазматическим ядром поддерживается автономным транскрипционно-поступательным контуром обратной связи.

Таким образом, функциональные нейронные сети мозга демонстрируют значительную временную измен-

чивость и динамическую реконфигурацию даже в состоянии покоя. Известно, что временная изменчивость мозговой сети отражает динамическую реконфигурацию области мозга на отдельные функциональные модули в разное время и может указывать на гибкость и адаптивность мозга. При этом первичная и унимодальная сенсорно-моторная кора демонстрирует низкую временную изменчивость, в то время как трансмодальные области, включая области гетеромодальных ассоциаций и лимбическую систему, имеют высокую изменчивость. Мера изменчивости также может быть потенциально полезна как предиктор для обучения и нейронной реабилитации [27].

Таким образом, можно допустить, что анатомическим субстратом, участвующим в формировании zapредельных состояний у высших животных и человека, являются корково-подкорковые, стволовые и спинальные образования ЦНС. Выявлено, что нейромодулятор дофамин играет ключевую роль в обеспечении деятельности нейронных сетей мозга в экстремальных условиях. Показано, что гормональный статус человека во многом определяет резистентность организма к физическим нагрузкам, обеспечивает изменчивости мозговой нейронной сети и отдельных функциональных модулей коры мозга.

#### **Работоспособность, утомление и запредельное торможение**

Известно, что работоспособность человека определяется пределом функционирования корковых нейронов. Существуют разные подходы к пониманию механизмов работоспособности и утомления при физических и умственных нагрузках. Экспериментальные данные свидетельствуют в пользу того, что нейрофизиологическим механизмом утомления является развитие тормозного процесса в коре, в подкорковых образованиях и в стволовой части головного мозга. Иначе говоря, торможение формируется в ЦНС в результате истощения нервных структур и играет защитную (охранительную) роль. Тем не менее развиваемое торможение в нервной системе сопровождается ухудшением функций висцеральных органов и снижением работоспособности [28].

Как показали исследования [29], при интенсивной и длительной деятельности корковых клеток головного мозга в первую очередь истощается и ослабевает процесс внутреннего торможения, который ведет к нарушениям уравновешенности нейродинамических процессов и двигательной координации.

Мы не сомневаемся в том, что неблагоприятные условия труда существенно снижают предел работоспособности корковых нейронов. Согласно данным [30], у вахтовых рабочих начиная с 11–12-х суток напряженного труда в экстремальных условиях регистрируется прогрессивное утомление управляющих структур ЦНС, для компенсации которого организм задействует функциональные резервы. Критической точкой, определяющей начало развития непреодолимого утомления, а следова-

тельно, и прогрессивного снижения работоспособности у вахтовых рабочих можно считать 30–35-е сутки.

В настоящее время имеются данные о влиянии зрительных нагрузок на нервно-психическое утомление. Как полагают исследователи, 60-минутная зрительно-интеллектуальная нагрузка вызывает снижение показателей работоспособности корковых нейронов и психомоторной подвижности. После нагрузки такой продолжительности наблюдаются субъективные признаки зрительного утомления (астенопии), изменение полей зрения, снижение остроты зрения [31].

Заметим, что А.А. Ухтомский [32] разграничивал торможение и утомление. Он считал, что торможение – это срочная задержка возбуждения, результат встречи тормозимого и тормозящего возбуждений. Отметим, что в динамике умственной работоспособности человека существенную роль играют индивидуально-типологические различия личности. Не оспаривается тот факт, что в учебной деятельности лицам с хорошей умственной работоспособностью присущи подвижность торможения и преобладание процесса внутреннего возбуждения. Успешность обучения может быть обусловлена усидчивостью, которой в большей степени обладают лица с доминированием внутреннего и внешнего торможения. Аккуратность и сдержанность связаны с инертностью процессов возбуждения и торможения. Работу, требующую большой концентрации внимания, более успешно выполняют студенты, которые обладают слабой нервной системой с преобладанием внутреннего торможения или уравновешенностью, а также инертностью нервных процессов. Задания, не требующие напряженного внимания, лучше выполняют обучающиеся с инертностью возбуждения, с сильной нервной системой и преобладанием внутреннего торможения. При выполнении учебной работы монотонного характера у лиц с сильной нервной системой быстрее наступает снижение работоспособности, чем у студентов со слабой нервной системой [33].

Очевидно то, что длительная и напряженная работа в процессе обучения приводит к последовательной смене возбудительного и тормозного процессов, к ослаблению внутреннего торможения, ведущего к уравновешиванию нервных процессов, иррадиации процесса возбуждения с вовлечением в деятельность других центров коры головного мозга. Совершенно очевидно, что этиопатогенетическим механизмом возникновения утомления в экстремальных условиях учебной деятельности является изменение регуляции физиологических систем организма. Это, в свою очередь, нарушает устойчивость вегетативных функций и приводит к рассогласованию физиологических параметров, к нарушению координации двигательных актов, к снижению работоспособности и регрессу рабочих навыков. Можно заметить, что измененная афферентация, поступающая в ЦНС, приводит к усилению нарушений высшей нервной деятельности [34].

Как показали исследования, тестирование сенсомоторных реакций в условиях спортивной и учебной деятельности позволило определить психофизиологический статус студентов-спортсменов, который характеризуется средней силой нервной системы, подвижностью нервных процессов, уравновешенностью возбуждения и торможения [35].

Следует все же признать, что сила возбуждения отражает работоспособность нервной клетки и проявляется функциональной выносливостью, то есть способностью нервной системы выдерживать длительное (или кратковременное, но сильное) возбуждение, не переходя в противоположное состояние торможения. Сила торможения понимается как работоспособность нервной системы при реализации торможения и проявляется способностью к выработке различных тормозных условно-рефлекторных реакций [36].

Можно заметить, что в условиях адаптации к обучению с увеличением учебной нагрузки начальные признаки утомления вызывают развитие состояния торможения в коре головного мозга, биологически необходимого для предотвращения истощения энергетических запасов нервных клеток. В результате этого в ЦНС наблюдается снижение возбудимости и ослабление деятельности нервных центров [37].

Не так давно авторы работы [38] установили, что чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга приводит к повышению возбудимости спинальных нейронных сетей у лиц с двигательными нарушениями различного генеза. Такая активация ЦНС способствует увеличению амплитудных характеристик вызванных моторных ответов скелетных мышц.

Важно отметить, что при стимуляции головного мозга выявляется его пластическая природа. Но пока неясно, как воздействие постоянного тока влияет на преодоление спринтерской дистанции. Для решения этой проблемы проведено исследование влияния постоянного тока на эффективность езды на спринте у здоровых добровольцев. Оказалось, что увеличение средней мощности катодных воздействий постоянного тока может быть результатом снижения центральной усталости. Таким образом, метод стимулов может улучшить физическую работоспособность и преодоление спринтерской дистанции [39].

В настоящее время высказывается мнение о том, что недостаточная доступность кислорода в мозговой ткани является важным фактором, способствующим развитию центральной усталости во время физических напряженных упражнений. Проверка этой гипотезы показала, что супраспинальные процессы усталости увеличились после локомоторных упражнений при острой гипоксии и что возникшие изменения напрямую связаны с сокращением церебральной доставки кислорода и с оксигенацией тканей. Причина снижения эффективности физических упражнений при острой тяжелой гипоксии, вероятно, кроется в нарушении работы двигатель-

ной коры вследствие уменьшения доставки кислорода в головной мозг [40].

Во время исследования [41] также изучалось влияние максимальной физической нагрузки на оксигенацию головного мозга при синдроме хронической усталости. Полученные данные свидетельствуют о том, что измененная церебральная гемодинамика и ухудшение оксигенации крови могут способствовать снижению нагрузки и при синдроме хронической усталости.

Совсем недавно было установлено, что в период обучения студенты, имеющие среднеслабый и слабый типы нервной системы, отличаются низкой подвижностью нервных процессов и сильно предрасположены к быстрому развитию утомления. Высокая инертность формирования условно-рефлекторных реакций обусловлена, скорее всего, сложностью реализации дифференцировочного торможения корковых нейронов, отражением чего служит высокий уровень ошибочных реакций в работе [42].

Оригинальным является исследование [43], в котором оценивалось влияние низкой относительной влажности окружающей среды на физическую работоспособность и перцептивные реакции во время переноски груза в жаркой среде. Было установлено, что низкая относительная влажность окружающей среды улучшает кардиореспираторные, терморегуляторные и перцептивные реакции во время переноски груза.

Проанализируем сердечно-сосудистые и нервно-вегетативные реакции, возникающие у юношей-велосипедистов при выполнении теста до истощения организма. Согласно работе [44], спортсмены достигали максимального напряжения и высокоуровневой эффективности тогда, когда ЧСС, потребление кислорода и величина воспринятого напряжения увеличивались, а интервалы RR уменьшались. Эти результаты указывают на существование сильной связи между уменьшением сердечного сигнала и способностью воспринимать человеком максимум напряжения.

Таким образом, прогрессивное утомление в ЦНС возникает при достижении предела работоспособности корковых нейронов. Причем утомление может развиваться в различных анализаторах. Надо признать, что на уровень работоспособности нейронов мозга и скорость развития утомления существенно влияют индивидуально-типологические свойства нервной системы и церебральная оксигенация крови.

#### **Запредельные формы пограничных состояний психической дезадаптации**

И.П. Павлов в своих работах указывал на то, что корковая клетка, как сторожевой пункт организма, владеет высшей реактивностью, а, следовательно, стремительной функциональной разрушаемостью, быстрой утомляемостью. Эти исключительные особенности нервных клеток лежат в основе эмоционального реагирования человека при формировании различных форм

запредельных психических состояний. Так, считается, что вариантами эмоционального выгорания являются «перевозбуждение» и «торможение» – последовательное единство процессов развития возбуждения и запредельного торможения [45].

Есть основания полагать, что при возникновении предстартового невроза и запредельного торможения в ЦНС у спортсменов изменяется биоэлектрическая активность коры головного мозга. Почвой для таких изменений является спектр патогенетических механизмов, связанных с работой головного мозга. При возникновении психогенных обратимых расстройств регистрируемые паттерны на ЭЭГ имеют определенный «вид», принимая электрофизиологическую форму, не характерную для оптимального старта или успешного выступления [46].

Мы прекрасно знаем, что оперативно-служебные и служебно-боевые задачи в экстремальных условиях сопряжены с риском для жизни и здоровья человека. Сотрудники правоохранительных органов имеют высокие риски развития психической дезадаптации. Выяснилось, что дезадаптированные лица имеют низкий уровень работоспособности, высокое нервно-психическое напряжение, неустойчивое внимание, недостаточную вработываемость и психическую устойчивость, измененный вегетативный дисбаланс, низкую толерантность к стрессу, склонность к профессиональному выгоранию, конфликтность, неадекватность поведения, агрессивность, расстройство сна, слабость и повышенную истощаемость нервной системы [47].

Сходные данные были получены при изучении дезадаптивных реакций у курсантов вузов МЧС России. Было показано, что после воздействия стресс-факторов в условиях имитации чрезвычайных ситуаций у обучающихся выявляются изменение скорости переключения, концентрации и избирательности внимания, повышение уровня тревожности, появление растерянности в сочетании с выраженными вегетативными реакциями [48].

Существует мнение, что функциональные системы организма обучающихся испытывают разную степень напряжения в зависимости от формы контроля знаний. Так, установлено, что под влиянием значительных учебных нагрузок и эмоциональных факторов снижается функциональная подвижность нервных процессов. Эмоциональный стресс, возникающий в экстремальной ситуации (при сдаче студентами экзаменов), порождает высокий уровень ситуативной тревожности [49].

По сведениям других авторов [50], информационные перегрузки в учебной деятельности неразрывно связаны с появлением эмоциональных, физиологических и поведенческих симптомов стресса (нервного напряжения, недовольства собой, раздражительности, приступов гнева, потери сна, нехватки времени на отдых). Результаты исследования, в котором приняли участие лица молодого возраста (студенты университета) [51], показали, что сила торможения и подвижность нервных процессов у

обучающихся, находящихся в состоянии дезадаптации, ниже, чем у адаптированных студентов. Процесс возбуждения в корковых клетках у полностью дезадаптированных студентов сменяется торможением (и наоборот) не так быстро, как у адаптированных. Низкая психомоторная активность дезадаптированных и частично адаптированных студентов проявляется при минимальном коэффициенте умственной работоспособности. Также обнаружено, что в состоянии дезадаптации выявляется повышенная утомляемость, истощаемость и расшатанность нервной системы.

На наш взгляд, теоретически вероятно включение психологических, физических и функциональных компонентов в формирование определенного типа дезадаптации. Как оказалось, каждому типу дезадаптации в головном мозге соответствует определенная матрица вовлеченных и не вовлеченных в дезадаптивный процесс нейронов. На основе имеющихся сведений высказано предположение о том, что в организации дезадаптивного поведения на корковом уровне участвуют различные нейронные группы лобной, височной и моторной коры; на уровне подкорковых образований и стволовой части – базальные ядра, лимбическая система, таламус, гипоталамус, ретикулярная формация и мозжечок [52].

Таким образом, запредельные состояния психической дезадаптации можно рассматривать как пограничные состояния между нормой и патологией. Лица, находящиеся в состоянии дезадаптации, имеют, как правило, пониженную работоспособность, слабую нервно-психическую устойчивость, высокую тревожность, выраженные психовегетативные расстройства, низкую моторную активность, зависимое поведение. Существование различного рода дезадаптивных проявлений, влияющих на поведение, объясняется вовлечением в дезадаптивный процесс нейронных групп головного мозга.

#### **Заключение**

Подводя итоги рассмотрения проблемы возникновения и развития запредельных состояний, формирующихся у человека при экстремальной деятельности, можно сказать, что данная проблема заслуживает пристального внимания и всестороннего анализа. Это связано, прежде всего, с тем, что запредельные психические состояния все чаще возникают в повседневной деятельности человека. Более того, при неконтролируемых умственных и физических нагрузках запредельные состояния нередко несут угрозу здоровью человека, способствуя переутомлению и развитию патологических состояний.

К сожалению, на сегодняшний день многие вопросы интегративной деятельности мозга в экстремальных условиях среды и при экстремальной деятельности человека далеки от решения. В этой области исследования все еще больше вопросов, чем имеющихся на них ответов. Мы, как и прежде, не можем точно сказать, какими механизмами обеспечивается согласованная деятельность

мозга в чрезвычайной ситуации, какова последовательность адаптивных реакций человека на экстремальную нагрузку и как организуется его поведение в той или иной ситуации. Более того, пока нет четкой ясности в вопросе о том, какие анатомические образования мозга являются субстратом запредельных состояний человека. Далека от решения также проблема медиаторного и гормонального обеспечения различных форм запредельных психических состояний.

Центральной задачей исследований запредельных психических состояний и поведения человека является выделение и изучение механизмов модуляции нейронных сетей различных образований мозга и прослеживание функциональных связей между ними. Здесь большие

перспективы мы связываем с нейрофармакологическим обеспечением «запредельной работоспособности» (термин впервые был использован в работе [4]).

К настоящему времени еще не в полной мере изучены пределы работоспособности корковых нейронов в различных условиях среды и не определена так называемая критическая точка – момент наступления запредельного торможения и утомления при экстремальных умственных и физических нагрузках. Хотелось бы надеяться, что мы все же придем к полному пониманию этиопатогенетических механизмов возникновения и развития пограничных (запредельных) состояний психической дезадаптации, которые снижают работоспособность и дезорганизуют поведение человека.

### Список литературы

1. Сеченов И.М. Избранные произведения. М., 1953. 333 с.
2. Павлов И.П. Избранные труды. М., 1951. 616 с.
3. Павлов И.П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. М., 2017. 480 с.
4. Шульгина Г.И. Нейрофизиологическое и нейромедиаторное обеспечение торможения поведения в норме и в условиях патологии // Журнал высшей нервной деятельности. 2010. Т.60, №6. С. 643-56.
5. Фомин Р.Н., Селяев М.В. Нейрональная адаптация кортикоспинальных механизмов управления мышечным сокращением у спортсменов // Физиология человека. 2011. Т.37, №6. С. 76-88.
6. Финченко С.Н., Капилевич Л.В., Васильев В.Н. Влияние контрастного массажа на характеристики зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга // Вестник Томского государственного университета. 2013. №366. С. 132-4.
7. Курманкулов Ш.Ж., Бешкепирова В.К. Факторы, учитываемые при организации успешного (качественного) обучения учащихся // Педагогика и современность. 2016. №1. С. 27-31.
8. Соловьев В.Н. Эмоциональное напряжение у студентов в стрессовой ситуации экзамена // Успехи современного естествознания. 2004. №3. С. 93-6.
9. Мельгуй Н.В., Колосова О.Н., Николаева Е.Н. Хронобиологические особенности психоэмоционального напряжения студентов в условиях высоких широт // Наука и образование. 2016. №3. С. 91-5.
10. Хананашвили М.М. Теория переходного состояния между нормой и патологией // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2012. №1. С. 3-12.
11. Судаков К.В. Системная организация психической деятельности // Психологический журнал. 2013. Т.34, №6. С. 72-81.
12. Margulies D.S., Ghosh S.S., Goulas A. et al. Situating the default-mode network along a principal gradient of macroscale cortical organization // Proc Natl Acad Sci U S A. 2016. Vol.113, №44. P. 12574-9.
13. Hearne L.J., Cocchi L., Zalesky A. et al. Reconfiguration of Brain Network Architectures between Resting-State and Complexity-Dependent Cognitive Reasoning // J Neurosci. 2017. Vol.37, №35. P. 8399-8411.
14. Barabash L.V., Levitskiĭ E.F., Khon V.B. et al. Effect of extreme conditions on seasonal patterns of endocrine and metabolic processes // Klin Med (Mosk). 2009. Vol.87, №7. P. 47-9.

### References

1. Sechenov IM. Selected works. Moscow, State Educational and Pedagogical Publishing House of the Ministry of Education of the RSFSR, 1953. 333 p. Russian.
2. Pavlov IP. Selected works. Moscow, Publishing House of the APN RSFSR, 1951. 616 p. Russian.
3. Pavlov IP. Lectures on the work of the cerebral hemispheres. Moscow, Publishing House «E», 2017. 480 p. Russian.
4. Shulgina GI. Neurophysiological and neurotransmitter support of inhibition of behavior in normal and pathological conditions. Journal of Higher Nervous Activity. 2010;60(6):643-56. Russian.
5. Fomin RN, Selyaev MV. Neuronal adaptation of corticospinal mechanisms for controlling muscle contraction in athletes. Human physiology. 2011;37(6):76-88. Russian.
6. Finchenko SN, Kapilevich LV, Vasiliev VN. The effect of contrast massage on the characteristics of visual and somatosensory evoked potentials of the brain. Bulletin of Tomsk State University. 2013;(366):132-34. Russian.
7. Kurmankulov ShZh, Beshkempirova VK. Factors that are taken into account when organizing successful (quality) teaching of students. Pedagogy and modernity. 2016;(1):27-31. Russian.
8. Soloviev VN. Emotional tension in students in the stressful situation of the exam. Advances in modern natural science. 2004;(3):93-6. Russian.
9. Melgui NV, Kolosova ON, Nikolaeva EN. Chronobiological features of psychoemotional tension of students in high latitudes. Science and education. 2016;(3):91-5. Russian.
10. Hananashvili MM. Theory of the transitional state between norm and pathology. Pathological physiology and experimental therapy. 2012;(1):3-12. Russian.
11. Sudakov KV. Systemic organization of mental activity. Psychological journal. 2013;34(6):72-81. Russian.
12. Margulies DS, Ghosh SS, Goulas A et al. Situating the default-mode network along a principal gradient of macroscale cortical organization. Proc Natl Acad Sci U S A. 2016;113(44):12574-9.
13. Hearne LJ, Cocchi L, Zalesky A et al. Reconfiguration of Brain Network Architectures between Resting-State and Complexity-Dependent Cognitive Reasoning. J Neurosci. 2017;37(35):8399-8411.
14. Barabash LV, Levitskiĭ EF, Khon VB et al. Effect of extreme conditions on seasonal patterns of endocrine and metabolic processes. Klin Med (Mosk). 2009;87(7):47-9.

15. **Артеменков А.А.** Запредельное торможение двигательной активности у человека в состоянии дезадаптации // Наука России: Цели и задачи. Сборник научных трудов по материалам II международной научно-практической конференции. Ч.2. Изд. НИЦ «Л-Журнал». 2017. С. 25-7.
16. **Ядрищенская Т.В., Долгих Н.П.** Психофизиологические особенности студентов и когнитивные стили обучения // Проблемы высшего образования. 2016. №1. С. 243-6.
17. **Артеменков А.А.** Изучение пределов работоспособности корковых нейронов в условиях выработки динамического стереотипа и при экстремальных физических нагрузках // Экстремальная деятельность человека. 2017. №2. С. 74-8.
18. **Эрастов Е.Р.** Морфофункциональная организация элементов центральной нервной системы при воздействии индивидуально дозированных двигательных нагрузок // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2016. №2. С. 200-7.
19. **Леонтьев О.В., Душенин В.Г., Кузьмин С.Г.** Адаптация при комбинированном (холодовом и болевом) воздействии в эксперименте // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2017. №2. С. 126-9.
20. **Sharples S.A., Koblinger K., Humphreys J.M. et al.** Dopamine: a parallel pathway for the modulation of spinal locomotor networks // Front Neural Circuits. 2014. Vol.8. P. 55.
21. **Медведев Л.Г., Стаценко А.В., Апчел В.Я. и др.** Механизм нарушений функций мозга при кислородном отравлении и азотном наркозе у водолазов и подводников // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2012. №2. С. 74-8.
22. **Попова О.В., Циркин В.И., Нуреев И.Т. и др.** Влияние милдроната на состояние центральной нервной системы у студентов с признаками синдрома дефицита внимания и гиперреактивностью // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. №6. С. 105-12.
23. **Ушаков И.Б., Штембер А.С.** Резистентность организма к экстремальным факторам: физиологические основы, регуляция, прогнозирование // Успехи физиологических наук. 2011. Т.42, №3. С. 26-45.
24. **Ghiarone T., Ataide-Silva T., Bertuzzi R. et al.** Effect of acute nitrate ingestion on V<sub>2</sub>O<sub>2</sub> response at different exercise intensity domains // Appl Physiol Nutr Metab. 2017. Vol.28. P. 1-8.
25. **Menicucci D., Gentili C., Piarulli A. et al.** Brain connectivity is altered by extreme physical exercise during non-REM sleep and wakefulness: indications from EEG and fMRI studies // Arch Ital Biol. 2016. Vol.154, №4. P. 103-17.
26. **Patton A.P., Chesham J.E., Hastings M.H.** Combined Pharmacological and Genetic Manipulations Unlock Unprecedented Temporal Elasticity and Reveal Phase-Specific Modulation of the Molecular Circadian Clock of the Mouse Suprachiasmatic Nucleus // J Neurosci. 2016. Vol.36, №36. P. 9326-41.
27. **Zhang J., Cheng W., Liu Z. et al.** Neural, electrophysiological and anatomical basis of brain-network variability and its characteristic changes in mental disorders // Brain. 2016. Vol.139, №8. P. 2307-21.
28. **Маслов Н.Б., Блощинский И.А., Галушкина Е.А. и др.** Концептуальные подходы к оценке функционального состояния специалистов в процессе их профессиональной деятельности // Экология человека. 2012. №4. С. 16-24.
29. **Бодров В.А.** Развитие учения о профессиональном утомлении человека. Часть II. Теоретические положения проблемы утомления // Психологический журнал. 2010. Т.31, №4. С. 83-93.
30. **Сарычев А.С.** Критерии оценки работоспособности у вахтовиков в заполярье // Журнал медико-биологических исследований. 2013. №2. С. 55-63.
15. **Artemenkov AA.** Excessive inhibition of motor activity in a person in a state of disadaptation. Science of Russia: Goals and objectives. Collection of scientific papers, based on the materials of the II International Scientific and Practical Conference. Part 2. Ed. Research Center «L-Magazine». 2017:25-7. Russian.
16. **Yadrishchenskaya TV, Dolgikh NP.** Psychophysiological characteristics of students and cognitive styles of learning. Problems of higher education. 2016;(1):243-6. Russian.
17. **Artemenkov AA.** Study of the limits of the efficiency of cortical neurons in conditions of development of a dynamic stereotype and under extreme physical stress. Extreme human activity. 2017;(2):74-8. Russian.
18. **Erastov ER.** Morphofunctional organization of the central nervous system elements under the influence of individually-dosed motor loads. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2016;(2):200-7. Russian.
19. **Leontyev OV, Doshenin VG, Kuzmin SG.** Adaptation with combined (cold and painful) effects in the experiment. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2017;(2):126-9. Russian.
20. **Sharples SA, Koblinger K, Humphreys JM et al.** Dopamine: a parallel pathway for the modulation of spinal locomotor networks. Front Neural Circuits. 2014;8:55.
21. **Medvedev L, Statsenko AV, Apchel VYa, Baklanov DV, Dmitruk VI, Lupanov AI.** The mechanism of violations of brain functions in oxygen poisoning and nitrogen anesthesia in divers and submariners. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2012;(2):74-8. Russian.
22. **Popova OV, Tsirkin VI, Nureev I, Zlokazova MV, Trukhina SI.** Effect of Mildronate on the state of the central nervous system in students with signs of attention deficit disorder and hyperreactivity. Bulletin of the Nizhny Novgorod University. N.I. Lobachevsky. 2010;(6):105-12. Russian.
23. **Ushakov IB, Shtember AS.** Resistance of the organism to extreme factors: physiological basis, regulation, prediction. Successes of physiological sciences. 2011;42(3):26-45. Russian.
24. **Ghiarone T, Ataide-Silva T, Bertuzzi R et al.** Effect of acute nitrate ingestion on V<sub>2</sub>O<sub>2</sub> response at different exercise intensity domains. Appl Physiol Nutr Metab. 2017;28:1-8.
25. **Menicucci D, Gentili C, Piarulli A et al.** Brain connectivity is altered by extreme physical exercise during non-REM sleep and wakefulness: indications from EEG and fMRI studies. Arch Ital Biol. 2016;154(4):103-17.
26. **Patton AP, Chesham JE, Hastings MH.** Combined Pharmacological and Genetic Manipulations Unlock Unprecedented Temporal Elasticity and Reveal Phase-Specific Modulation of the Molecular Circadian Clock of the Mouse Suprachiasmatic Nucleus. J Neurosci. 2016;36(36):9326-41.
27. **Zhang J, Cheng W, Liu Z et al.** Neural, electrophysiological and anatomical basis of brain-network variability and its characteristic changes in mental disorders. Brain. 2016;139(8):2307-21.
28. **Maslov NB, Bloschinsky IA, Galushkina EA, Rogovnov DYu.** Conceptual approaches to assessing the functional state of specialists in the process of their professional activities. Ecology of man. 2012;(4):16-24. Russian.
29. **Bodrov VA.** Development of the doctrine of occupational fatigue rights. Part II. Theoretical implications of fatigue. Psychological journal. 2010;31(4):83-93. Russian.
30. **Sarychev AS.** Criteria for assessing the working capacity of shift workers in the Arctic. Journal of Biomedical Research. 2013;(2):55-63. Russian.

31. Сазонов Е.Н., Владимиров Л.П., Демидова О.В. и др. Влияние зрительной нагрузки на состояние зрительной сенсорной системы и психофизиологические показатели учащихся высшей школы // Дальневосточный медицинский журнал. 2014. №1. С. 89-91.
32. Ухтомский А.А. Избранные труды. М., 2012. 369 с.
33. Давоян К.Р. Влияние физической культуры на повышение работоспособности студента // Вестник Ессентукского института управления, бизнеса и права. 2015. №10. С. 90.
34. Редько А.В., Бачериков Е.Л., Камскова Ю.Г. Исследование утомления у студентов в процессе учебной деятельности // Человек. Спорт. Медицина. 2008. №19. С. 36-7.
35. Макунина О.А. Комплексная оценка психофизиологического статуса студентов-спортсменов в условиях сочетанной деятельности // Современные проблемы науки и образования. 2015. №2. С. 254-64.
36. Голубкова Г.И. Влияние индивидуальных психофизиологических особенностей на успеваемость студентов // Медицинская сестра. 2009. №3. С. 38-9.
37. Воробьева Т.Г., Дементьева Е.В., Турманидзе В.Г. и др. Психофизиологическая адаптация студентов в период обучения // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2016. №2. С. 59-65.
38. Якупов Р.Н., Котова Е.Ю., Балькин Ю.М. и др. Влияние чрескожной электростимуляции спинного мозга и механотерапии на возбудимость спинальных нейронных сетей и локомоторные функции пациентов с нарушениями мозгового кровообращения // Ульяновский медико-биологический журнал. 2016. №4. С. 121-8.
39. Sasada S., Endoh T., Ishii T. et al. Polarity-dependent improvement of maximal-effort sprint cycling performance by direct current stimulation of the central nervous system // Neurosci Lett. 2017. Vol.657. P. 97-101.
40. Goodall S., González-Alonso J., Ali L. et al. Supraspinal fatigue after normoxic and hypoxic exercise in humans // J Physiol. 2012. Vol.590, №11. P. 2767-82.
41. Patrick Neary J., Roberts A.D., Leavins N. et al. Prefrontal cortex oxygenation during incremental exercise in chronic fatigue syndrome // Clin Physiol Funct Imaging. 2008. Vol.28. №6. P. 364-72.
42. Михайлова Л.А., Орлов С.Н. Особенности нейродинамических процессов у студентов с различным типом работоспособности нервной системы // Современные проблемы науки и образования. 2016. №2. С. 8-16.
43. Mekjavic I.B., Ciuha U., Grönkvist M. et al. The Effect of Low Ambient Relative Humidity on Physical Performance and Perceptual Responses during Load Carriage // Front Physiol. 2017. Vol.8. P. 451.
44. Blasco-Lafarga C., Camarena B., Mateo-March M. Cardiovascular and Autonomic Responses to a Maximal Exercise Test in Elite Youngsters // Int J Sports Med. 2017. Vol.38, №9. P. 666-74.
45. Савельев С.И., Зайцев В.М., Котова Г.Н. Основы многомерного подхода к изучению синдрома выгорания среди молодого поколения современного общества // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. 2014. №1-2. С. 175-8.
46. Астахов Д.Б. Предстартовый невроз и запредельное торможение центральной нервной системы (ЦНС) в соревновательный период у самбистов. Современные методы диагностики и коррекции // Экстремальная деятельность человека. 2016. №3. С. 21-4.
47. Корехова М.В., Новикова И.А. Особенности психофизиологической адаптации сотрудников органов внутренних дел // Журнал медико-биологических исследований. 2015. №3. С. 77-88.
31. Sazonov EN, Vladimirova LP, Demidova OV, Emelyanenko NS, Kalinina SF, Plecheva LI. Influence of visual load on the state of the visual sensory system and psychophysiological indicators of students in higher education. Far Eastern Medical Journal. 2014;(1):89-91. Russian.
32. Ukhtomsky AA. Selected works. Moscow, The book on Demand, 2012. 369 p. Russian.
33. Davoyan KR. The influence of physical culture on improving the student's efficiency. Bulletin of the Yessentuki Institute of Management, Business and Law. 2015;(10):90-4. Russian.
34. Redko AV, Bacherikov EL, Kamskova YuG. Study of fatigue in students in the process of learning activities. Human Sport. Medicine. 2008;(19):36-7. Russian.
35. Makunina OA. Comprehensive assessment of the psychophysiological status of student athletes in conditions of combined activities. Modern problems of science and education. 2015;(2):254-64. Russian.
36. Golubkova GI. Influence of individual psychophysiological features on students' performance. Nurse. 2009;(3):38-9. Russian.
37. Vorobyova TG, Dementieva EV, Turmanidze VG, Turmanidze AV. Psychophysiological adaptation of students in the period of training. Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2016;(2):59-65. Russian.
38. Yakupov RN, Kotova EYu, Balykin YuM, Mashin VV, Balykin MV, Gerasimenko YuP. Effect of percutaneous electrostimulation of the spinal cord and mechanotherapy on the excitability of spinal neural networks and the locomotor functions of patients with impaired cerebral circulation. Ulyanovsk Medical Biological Journal. 2016;(4):121-8. Russian.
39. Sasada S, Endoh T, Ishii T et al. Polarity-dependent improvement of maximal-effort sprint cycling performance by direct current stimulation of the central nervous system. Neurosci Lett. 2017;657:97-101.
40. Goodall S, González-Alonso J, Ali L et al. Supraspinal fatigue after normoxic and hypoxic exercise in humans. J Physiol. 2012;590(11):2767-82.
41. Patrick Neary J, Roberts AD, Leavins N et al. Prefrontal cortex oxygenation during incremental exercise in chronic fatigue syndrome. Clin Physiol Funct Imaging. 2008;28(6):364-72.
42. Mikhailova LA, Orlov SN. Features of neurodynamic processes in students with different types of working capacity of the nervous system. Modern problems of science and education. 2016;(2):8-16. Russian.
43. Mekjavic IB, Ciuha U, Grönkvist M et al. The Effect of Low Ambient Relative Humidity on Physical Performance and Perceptual Responses during Load Carriage. Front Physiol. 2017;8:451.
44. Blasco-Lafarga C, Camarena B, Mateo-March M. Cardiovascular and Autonomic Responses to a Maximal Exercise Test in Elite Youngsters. Int J Sports Med. 2017;38(9):666-74.
45. Savelyev SI, Zaitsev VM, Kotova GN. Fundamentals of the multidimensional approach to the study of the burnout syndrome among the younger generation of modern society. Ecology of the Central Black Earth region of the Russian Federation. 2014;(1-2): 175-8. Russian.
46. Astakhov DB. Pre-articulate neurosis and transcendental inhibition of the central nervous system (CNS) in the competitive period in the Sambo wrestlers. Modern methods of diagnosis and correction. Extreme human activity. 2016;(3):21-4. Russian.
47. Koryokhova MV, Novikova IA. Features of psychophysiological adaptation of employees of law enforcement bodies. Journal of Biomedical Research. 2015;(3):77-86. Russian.

48. **Земкова А.А.** Психокоррекция дезадаптивных реакций, возникающих при тренировках в условиях имитаций чрезвычайных ситуаций у курсантов вузов МЧС России // Личность в экстремальных условиях и кризисных ситуациях жизнедеятельности. 2016. №6. С. 208-16.

49. **Челышкова Т.В., Хасанова Н.Н., Гречишкина С.С. и др.** Особенности функционального состояния центральной нервной системы студентов в процессе учебной деятельности // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2008. №9. С. 71-7.

50. **Зотова О.М., Егорова Т.С., Юшин В.В. и др.** Информационные перегрузки как фактор риска для здоровья студентов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2014. №4. С. 77-83.

51. **Артеменков А.А.** Формирование запредельных форм психических состояний в учебной деятельности // Вопросы психологии экстремальных ситуаций. 2017. №2. С. 23-9.

52. **Артеменков А.А.** Общебиологические подходы к системной организации пограничных состояний психической дезадаптации // Научное обозрение. 2017. №5. С. 10-6.

48. **Zemkova AA.** Psychocorrection of disadaptive reactions arising during training in conditions of imitations of emergencies among cadets at EMERCOM of Russia. Personality in extreme conditions and crisis situations of life. 2016;(6):208-16. Russian.

49. **Chelyshkova TV, Khasanova NN, Grechishkina SS, Namitokova AA, Kornik GG, Frolova VA.** Features of the functional state of the central nervous system of students in the process of educational activity. Bulletin of the Adyghe State University. Series 4: Natural-mathematical and technical sciences. 2008;(9):71-7. Russian.

50. **Zotova OM, Egorova TS, Yushin VV, Zotov VV.** Information overloads as a risk factor for students' health. Izvestiya South-Western State University. Series: Engineering and technology. 2014;(4):77-83. Russian.

51. **Artemenkov AA.** Formation of the suprising forms of mental states in educational activity. Questions of psychology of extreme situations. 2017;(2):23-9. Russian.

52. **Artemenkov AA.** General biology approaches to the systemic organization of borderline states of mental disadaptation. Scientific review. 2017;(5):10-6. Russian.

**Информация об авторе:**

**Артеменков Алексей Александрович**, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта факультета биологии и здоровья человека ФГБОУ ВО Череповецкий государственный университет. (+7 (911) 516-21-40, basis@live.ru)

**Information about the author:**

**Aleksey A. Artemenkov**, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sport of the Faculty of Biology and Human Health of the Cherepovets State University. (+7 (911) 516-21-40, basis@live.ru)

*Поступила в редакцию: 14.08.2018*

*Принята к публикации: 11.09.2018*

*Received: 14 August 2018*

*Accepted: 11 September 2018*