

УДК 612.8;612.829.3

Джунусова Гульнар Султановна, *д.м.н., профессор*  
Сатаева Наргиза Усонбековна, *н.с.*  
Ибраимов Сатыбалды Бакытбекович *н.с.*,  
Карыпова Бегимай Кубатовна  
Dzhunusova G.S.  
*doctor of medical sciences, professor*  
Sataeva N.U.,  
*researcher laboratory of neurophysiology, institute of mountain physiology and medicine, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek*  
Ibraimov S.B.,  
*researcher laboratory of neurophysiology, institute of mountain physiology and medicine, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek*  
Karypova Begimay Kubatovna,  
*post-graduate student lab. neurophysiology Institute of mountain physiology and medicine NAS KR*

*Институт горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек*

#### **АДАПТАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ**

**Аннотация.** Несоответствие между адаптационными возможностями организма горцев и изменившимися условиями окружающей среды могут стать причиной дезадаптационных сдвигов, напряжения и утомления ЦНС. Дезадаптационные состояния у горцев возникают на фоне действия гипоксической гипоксии, где ведущим механизмом является дефицит функциональных резервов основных систем организма, а также энергетический дисбаланс, что отражается на выраженности психоэмоциональных реакций и др. Показатели перестроек спектральной мощности, структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ и межцентральных взаимоотношений мозга являются критериями позволяющими судить о функциональном состоянии центральной нервной системы, о способах и степени компенсации мозговых нарушений. Установлено, что высокая устойчивость, пластичность ЦНС и психофизиологических реакций являются основными физиологическими ресурсами эффективного поведения в горах, обеспечивающих оптимальную адаптацию горцев и позволяющих выделять группы лиц с неустойчивым функциональным состоянием, подверженных стрессорным воздействиям среды.

**Ключевые слова:** горцы, адаптация, ЭЭГ, нейрофизиологический статус, устойчивость, пластичность.

#### **АДАМДЫН БОРБОРДУК НЕРВ СИСТЕМАСЫНЫН ЖОГОРКУ БИЙИКТИКТИН ШАРТЫНДА АДАПТАЦИЯСЫ**

**Аннотация.** Тоолуктардын организмдин ыңгайлашуу жөндөмдүүлүгү менен өзгөргөн чөйрөнүн шарттардын ортосундагы дал келбөө борбордук нерв системасынын ыңгайсыз жылыштары, стрессти жана чарчоону пайда кылышы мүмкүн. Бийик тоолуу райондордо дезадаптация абалдары кычкылтектин аздыгы шартында пайда болот, мында негизги механизм болуп дененин негизги системаларынын функционалдык резервдеринин жетишсиздиги, ошондой эле психоэмоционалдык реакциялардын оордугуна таасир этүүчү энергетикалык дисбаланс жана башка критерийлер саналат. Борбордук нерв системасынын функционалдык абалынын критерийлери болуп эсептелет да, алар мээнин функционалдык бузулушунун компенсатордук ыкмасын жана деңгээлин билдире алат. Борбордук нерв системанын бийик туруктуулугу жана ийкемдүүлүгү жана психофизиологиялык реакциялар тоодогу эффективдүү жүрүм-туруму тоолуктардын оптималдуу көнүгүүнүн негизги физиологиялык ресурстарын аныктайт жана алар ар түрдүү функционалдык бузулуштары менен топторду аныктаганга жардам берет.

**Негизги сөздөр:** тоолуктар, адаптация, ЭЭГ, нейрофизиологиялык статус, туруктуулук, пластика.

## ADAPTATION OF THE HUMAN CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN HIGH ALTITUDE CONDITIONS

**Abstract.** The discrepancy between the adaptive capabilities of the highlanders' organism and the changed environmental conditions can cause maladaptive shifts, stress and fatigue of the central nervous system. Disadaptation states in highlanders occur against the background of hypoxic hypoxia, where the leading mechanism is the deficit of functional reserves of the main body systems, as well as energy imbalance, which affects the severity of psychoemotional reactions, etc. Parameters of rearrangement spectral power of structure EEG components and intercentrum interrelations are markers which using to analysis about functional conditions of CNS and methods, levels of compensation of brain disorders. It has been established that high stability, plasticity of the central nervous system and psychophysiological reactions are the main physiological resources for effective behavior in the mountains, which ensure optimal adaptation of mountaineers and make it possible to distinguish groups of individuals with an unstable functional state subject to environmental stress.

**Key words:** highlanders, adaptation, EEG, neurophysiological status, stability, plasticity.

Жизнедеятельность человека в горах протекает на фоне влияния многих факторов. Это и гипоксия, и температура, и радиация, и влажность, а также экономико-географические характеристики горной среды, социокультурные особенности, состояние здоровья, половозрастные параметры и мн. др. Все они влияют на структуру популяции, имеющей различные механизмы адаптации.

Основной целью исследования явилась оценка адаптивных механизмов у жителей горных регионов, проживающих в горах Тянь-Шаня. Объектом исследования явились горцы, проживающие на высоте 2800 м н.у.м. в горах Тянь-Шаня (280 чел.). Регистрация ЭЭГ осуществлялась на 21-канальном компьютерном электроэнцефалографе-анализаторе «Энцефалан-131-10». Для анализа использовались методы компьютерной оценки спектров мощности ЭЭГ, параметры доминирующих ритмов, характер функциональной асимметрии мозга и др. Тип центральных механизмов регуляции (ЦМР) мозга определялся оцениванием роли отдельных ритмов в организации всей межволновой структуры ЭЭГ [1]. Также оценены психофизиологическое состояние личности (внимание, память, мышление, тревожность, мотивация и др.) с применением специальных психологических тестов. Статистическая обработка проводилась программой SPSS-16.

В фоновой ЭЭГ у лиц с различными типами центральных механизмов регуляции мозга (ЦМР) отмечаются свои особенности. Общим является то, что в спектральной мощности (СМ) основных ритмов ЭЭГ высокие показатели СМ альфа-ритма отмечаются в затылочных и теменных зонах коры, несколько меньше в

лобных и височных зонах коры, где отмечается снижение значений СМ альфа-ритма. Различием между горцами с конкретным типом ЦМР является то, что у лиц с I типом отмечается высокая СМ основных ритмов ЭЭГ, с преобладанием альфа-ритма, тогда как у лиц III типом ЦМР отмечается низкая СМ всех основных ритмов ЭЭГ. У горцев со II типом ЦМР отмечаются средние показатели СМ альфа-ритма ЭЭГ, и они занимают промежуточное положение.

В условиях высокогорья у лиц с I типом ЦМР мозга отмечается снижение доминирующей частоты альфа-ритма до 8–10 Гц, которое отмечается выраженной лабильностью. Спектральная мощность альфа-ритма повышается в затылочных зонах коры и доходит до 100–150 мкВ, отмечается также высокая СМ в правой теменной зоне до 100 мкВ, а в височных зонах СМ альфа-ритма снижается до 10–20 мкВ. Субдоминирует частота тета-ритма до 7 Гц; СМ в правой затылочной зоне увеличивается до 100 мкВ, а в височных зонах отмечается снижение СМ тета-ритма до 8 мкВ. Низкочастотный бета-ритм снижается до 15 Гц, параллельно отмечается повышение высокочастотного бета-ритма (20–35 Гц) в затылочных зонах коры. СМ низкочастотного бета-ритма повышается в затылочных зонах до 20 мкВ, в теменно-лобных зонах – до 10 мкВ.

ЭЭГ-анализ показал, что запас регуляционной устойчивости механизмов саморегуляции мозга является наибольшим у представителей с I типом ЦМР и наименьшим у лиц с III типом. Именно эти индивидуальные свойства механизмов саморегуляции мозга и определяют те адаптивные перестройки структуры паттерна ЭЭГ, которые и отмечаются в наших

исследованиях. В горах в условиях высокогорной гипоксии происходят сложные перестройки структуры временной организации паттерна ЭЭГ, отражающие стадии течения адаптации: неспецифической активации, специфической реакции мозга на гипоксию, компенсаторных кислородобеспечивающих реакций, напряжения регуляторных механизмов, периоды дисрегуляторных нарушений, адаптационных перестроек межцентральных отношений.

Выраженность перестроек параметров ЭЭГ у горцев зависят от типа ЦМР. Различные проявления дисрегуляторных расстройств могут возникать у представителей всех основных типов ЦМР, однако их характер и выраженность возрастают от I к III группе. Изменения функционального состояния мозга сопровождается дестабилизацией амплитудно-частотного спектра и дезорганизацией локальной и пространственной структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ.

Для сохранения оптимального уровня функционирования центральной нервной системы необходимо перестроиться на более адекватный, для чего и требуется определенная степень напряжения регуляторных механизмов, направленных на мобилизацию функциональных резервов. Именно степень напряжения регуляторных систем, необходимая для сохранения гомеостаза, определяет текущее функциональное состояние человека. Существует два основных вида оценки физиологических адаптационных возможностей: диагностический, отражающий текущее состояние организма, запас его функциональных резервов и соответствующее им напряжение регуляторных систем и прогностический, характеризующий потенциальную возможность организма к выполнению той или иной деятельности. Оценка функционального состояния мозга с этих позиций позволяет объективно выявить изменения в управляющем звене целостного организма. [2, 3, 4].

Чем ниже уровень пластичности и устойчивости нейродинамических процессов, тем больший вес в ЭЭГ приобретает взаимодействие, как высокочастотных, так и наоборот, но сила этих взаимодействий становится меньше. Структура алгоритмов паттерна ЭЭГ у лиц с I типом ЦМР свидетельствует о высокой пластичности нейродинамических процессов и устойчивости реакций на изменяющиеся усло-

вия окружающей среды. Представители этой группы обладают устойчивой и хорошо организованной структурой корково-подкорковых взаимоотношений. Именно эти индивидуальные свойства механизмов саморегуляции мозга и определяют перестройки структуры паттерна ЭЭГ. У части обследованных горцев (>40%) отмечается десинхронизация которая затрагивает не только мозговые функции, но и нарушения физиологического и психологического состояния вызывая дезадаптационные сдвиги. Причем именно резервы регуляции, их надежность, устойчивость и предел возможностей являются определяющими звеньями физиологических перестроек в горах.

В ответ на влияние средовых факторов, происходит синхронизация различных процессов, что позволяет организму за короткое время мобилизовать и обеспечить исполнение необходимых компенсаторных реакций. Однако это несколько снижает функциональное состояние и организм становится менее приспособленным к дальнейшим изменениям среды. В связи с этим адаптация на фоне развивающегося десинхронизации происходит более напряженно и менее эффективно. Практически на любые воздействия факторов среды формируется комплексные реакции основных регуляторных систем. Они проявляются в мобилизации всех регуляторных механизмов, характеризующих изменение структуры внутрисистемных и межсистемных связей. Ключевая роль в долговременной адаптации принадлежит стресс-лимитирующим системам, снижающим интенсивность расходования резервов, обеспечивающих перевод обмена на более экономный и адекватный воздействию уровень. Долговременные механизмы адаптации сопряжены с переводом организма на новые уровни гомеостатического регулирования, ведущим при этом являются регуляторные пластические и энергетические механизмы адаптации. Результатом неблагоприятного взаимодействия организма может быть развитие дезадаптационных сдвигов функционального состояния, приводящих к изменению адаптивного поведения человека в горах. У менее чем половины горцев выявлены признаки дезадаптации, такие как признаки снижения функционального состояния нервной системы, сопровождающихся снижением спектральной мощности основных мозговых ритмов. У другой части горцев (>30%) на фоне полиморфной

активности преобладает тета-активность в виде отдельных волн частотой 4-4,9Гц средней амплитуды, более выраженной в височно-теменно-затылочных зонах коры с обеих сторон.

Вопрос качества жизнедеятельности человека в условиях высокогорья все еще остается актуальным, так как, вопрос достижения относительного равновесия между организмом человека и высокогорной средой является результатом адаптации [4], что может проявляться повышением или снижением устойчивости к средовым факторам, сопровождающимися расширением или сужением диапазона адаптационных возможностей организма. Установлено, что чем выше экстремальность среды, тем более имеет место относительно устойчивая адаптация на определенный срок, по истечении которого развиваются явления дезадаптации. Неспецифические компоненты адаптации

служат отражением общих физиологических закономерностей, динамика которых может быть критерием эффективности адаптации. Показатели перестроек спектральной мощности, структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ и межцентральных взаимоотношений мозга являются критериями позволяющими судить о функциональном состоянии центральной нервной системы, о способах и степени компенсации мозговых нарушений. Установлено, что высокая устойчивость, пластичность ЦНС и психофизиологических реакций являются основными физиологическими ресурсами эффективного поведения в горах, обеспечивающих оптимальную адаптацию горцев и позволяющих выделять группы лиц с неустойчивым функциональным состоянием, подверженных стрессорным воздействиям среды.

#### **Список литературы:**

1. *Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А* Основные типы механизмов саморегуляции мозга. Л.: Наука, 1990. 205 с.
2. *Новиков В.С., Сороко С.И.* Физиологические основы жизнедеятельности человека в экстремальных условиях. СПб.: Политехника-принт, 2017. 476 с.
3. *Джунусова, Г.С.* Центральные механизмы адаптации человека в горах. Бишкек.: Изд-во КРСУ. 2013. 280 с.
4. *Сороко С.И. Трубочев В.В.* Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. СПб.: Политехника, 2010. 607 с.