

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ПОСТОЯННОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОЛОВНОГО МОЗГА У ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ОХЛАЖДЕНИИ ВО ВЛАЖНОЙ СРЕДЕ (на примере вузов г. Архангельска)

А.В. Грибанов, Н.Ю. Аникина**

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (г. Архангельск)

Представлены результаты исследования уровня постоянного потенциала головного мозга при локальном охлаждении кисти в водной среде у 69 иностранных студентов, прибывших из стран южных и умеренных широт и первые месяцы проживающих в условиях Европейского Севера России. Уровень постоянного потенциала характеризует уровень стабильного функционирования мозговых образований, и его отклонение от нормы может служить показателем эффективности адаптационных перестроек организма при изменении условий окружающей среды. Регистрация потенциалов осуществлялась монополярно по 5 основным отведениям. В ходе исследования проводилось локальное охлаждение кисти в водной среде в течение 1 мин. Фиксировались значения уровня постоянного потенциала в фоновом распределении, в начале и конце холодной пробы, а также на 1-, 5-, 10-й минутах восстановительного периода. Анализ полученных результатов позволил определить половые отличия формирования адаптационных механизмов. У юношей выявлена согласованная работа коры головного мозга, лимбической системы и ретикулярной формации. Отсутствие доминирования какого-либо полушария указывает на активные процессы межполушарной интеграции, что позволяет сделать вывод о формировании адаптационных перестроек в течение первых месяцев пребывания в новых климатических условиях у данной группы. У девушек выявлены повышенные значения уровня постоянного потенциала, что указывает на высокий уровень напряженности адаптационных процессов, связанный с перестройками эндокринной системы и, возможно, социальной адаптацией. Застойная активация правого полушария в группе девушек является маркером состояния незавершенной адаптации и при длительном сохранении может вызвать десинхронизацию систем организма, что, в свою очередь, ведет к возникновению различного рода заболеваний.

Ключевые слова: *уровень постоянного потенциала, иностранные студенты на Севере, локальное охлаждение во влажной среде, адаптационные перестройки организма, энергообмен головного мозга.*

Ответственный за переписку: Аникина Наталья Юрьевна, адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3; e-mail: anikinanatalja@yandex.ru

Для цитирования: Грибанов А.В., Аникина Н.Ю. Распределение уровня постоянного потенциала головного мозга у иностранных студентов при локальном охлаждении во влажной среде (на примере вузов г. Архангельска) // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 1. С. 5–15. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.5

Изучение церебральных механизмов адаптационных реакций – одно из актуальных направлений в современной науке. Многочисленные исследования показывают, что у коренного населения Европейского Севера России в процессе эволюции сформированы определенные алгоритмы функциональных перестроек как при сезонных изменениях условий окружающей среды, так и при воздействии климатических факторов, характерных для данных территорий (холод, определенная светопериодика и т. д.) [1–3].

В ряде научных работ определена ведущая регулирующая роль коры головного мозга в формировании механизмов климатической адаптации [4, 5]. Анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у подростков-северян выявил значительно более высокую активность подкорковых дисцефальных мозговых структур в сравнении со сверстниками, проживающими в средней полосе РФ. Возрастные перестройки волновых параметров ЭЭГ у юношей, постоянно проживающих в условиях Севера, проявляются в виде повышенного уровня тета-активности, в особенности в лобных отделах головного мозга [6]. Выявлены более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов и формирование амплитудно-частотных взаимоотношений, увеличение церебральной активности вследствие развития организма в условиях постоянной адаптации к условиям внешней среды [7], а также нарушения мозгового кровотока при воздействии низких температур [8].

При исследовании ответных реакций организма человека на холодовое воздействие показано, что формирование адаптационных перестроек сопровождается динамикой мозговых доминантных состояний: наблюдаются изменения активности полушарий головного мозга. Выявлены преобладание активности правого полушария до холодового воздействия и смена доминирования после. При длительном проживании в условиях Севера активизируется правое полушарие. Высокая активность левого

полушария большинством авторов связывается с процессами социально-психологической адаптации [8, 9].

В работах некоторых авторов отмечены особенности энергообеспечения организма северян, связанные с гипоксическим воздействием, характерными перестройками эндокринной системы, а также спецификой продуктов питания. Ряд исследований выявил превышение основных показателей энергообмена головного мозга северян в сравнении с их сверстниками, проживающими в средней полосе России [10, 11].

Особое место занимает процесс адаптации лиц трудоспособного возраста при переезде на территорию Севера. В имеющихся, на данный момент немногочисленных исследованиях показано, что основные адаптационные сдвиги параметров функциональных систем организма наблюдаются в первый год проживания в новых условиях [12]. В частности, в ряде исследований выявлены особенности адаптации студентов из стран южных и умеренных широт при обучении в северных вузах. Так, в работе Л.Е. Дерягиной [13] показаны изменения в работе эндокринной системы, регуляции системы кровообращения, а также доминирование активности симпатического отдела в системе вегетативной регуляции у юношей-индийцев. Л.А. Мелькова [14] отмечает напряженную работу сердечно-сосудистой системы у иностранных студентов 1-го курса. Ряд исследований свидетельствует об отличиях в процессах терморегуляции в зависимости от половой принадлежности у студентов, прибывших из стран Африканского континента, при локальном охлаждении кисти [15].

Вместе с тем в литературе практически отсутствуют данные об изменении энергоснабжения головного мозга у мигрантов из стран южных и умеренных широт на начальном этапе обучения в вузах, расположенных на территории Европейского Севера России. При адаптации к низким температурам происходят функциональные перестройки систем организма, направленные на процесс энергосбе-

режения, как правило, за счет его внутренних резервов. Головной мозг не обладает запасами энергетических субстратов, поэтому крайне важно для понимания механизмов адаптации выявление церебральных энергетических перестроек при реакции организма на локальное охлаждение, что и явилось целью нашего исследования.

Материалы и методы. Регистрация постоянных потенциалов головного мозга – один из методов оценки церебрального энергообмена. Уровень постоянного потенциала (УПП) головного мозга – это устойчивый потенциал милливольтного диапазона, являющийся видом сверхмедленных физиологических процессов головного мозга, имеющих нейрональное происхождение [16]. Генерация мембранного потенциала требует энергозатрат, прежде всего связанных с работой ионных насосов, что позволяет по параметрам УПП определять интенсивность церебрального энергообмена.

В настоящее время накоплено достаточное количество данных, свидетельствующих о том, что регистрируемый с поверхности головы данный вид потенциала, характеризуя уровень стабильного функционирования мозговых образований, является количественным показателем текущего функционального состояния организма [9]. По природе своего происхождения УПП связан с целым комплексом биохимических и иммунологических параметров, характеризующих функциональное состояние адаптивных систем организма [17]. Отклонение УПП от нормы свидетельствует об изменении на разных уровнях механизмов энергообеспечения нейронов головного мозга и может служить показателем эффективности адаптационных перестроек организма при изменении условий окружающей среды [9].

В исследовании приняли участие 69 студентов в возрасте 18-19 лет, прибывших для обучения в вузах г. Архангельска из стран южных и умеренных широт. По половому признаку были

выделены две группы: юноши (36 человек) и девушки (33 человека). В обеих группах анализировались монополярные значения УПП, а также межэлектродная разность потенциалов. Исследование проводилось в осенне-зимний период (октябрь–декабрь). Обследуемые на тот момент проживали в условиях Севера ровно два месяца.

В рамках проводимого исследования при сборе материала для составления выборок соблюдались все необходимые условия: УПП у студентов регистрировались в утренние часы, через 1,5–2 ч после приема пищи, в состоянии максимального физического и психического покоя.

Для регистрации и анализа УПП использовался аппаратно-программный комплекс «Нейро-КМ» производства научно-медицинской фирмы «Статокин» (Россия). Потенциалы регистрировались с помощью хлорсеребряных электродов монополярно по 5 отведениям. Активные электроды располагались вдоль сагитальной линии в лобной, центральной и затылочной областях (Fz, Cz, Oz), а также в правом и левом височных отделах (Td, Ts) по международной схеме «10-20». Референтный электрод накладывался на запястье левой руки. Запись значений УПП осуществлялась через 5-6 мин после наложения электродов на точки отведения и далее велась непрерывно в течение всего исследования. После регистрации фоновых значений делалась холодовая проба. Исследуемые удерживали кисть правой руки в холодной воде ($t = 4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$) в течение 1 мин. Далее на протяжении 10-минутного восстановительного периода студенты находились в полном покое в положении сидя.

Анализ УПП проводился путем картирования монополярных значений УПП и расчета межэлектродной разности. Для оценки локальных значений в каждом из отделов, исключая влияние референтного электрода, были рассчитаны отклонения УПП от среднего в каждом из отведений по всем областям коры головного мозга.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи прикладного пакета программ «SPSS 20 for Windows». Для анализа различий между показателями в сравниваемых группах использовался *t*-критерий Стьюдента. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался $p = 0,05$.

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ фонового распределения УПП вы-

явил следующие особенности: значения УПП у девушек по всем 5 отведениям значительно превышали аналогичные у юношей. В височных отведениях (Td и Ts) превышение составило 103,7 и 91,6 % соответственно. В целом суммарные значения УПП по всем отделам головного мозга у девушек на 54,09 % превышали соответствующие показатели у юношей (см. таблицу).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ УПП У ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ ПЕРВЫЕ ДВА МЕСЯЦА ($M \pm s$), мВ

| Отведения | Фон | | 10-я минута восстановительного периода | |
|--|-------------|---------------|---|--------------|
| | девушки | юноши | девушки | юноши |
| <i>Монопольные значения</i> | | | | |
| Fz | 16,71±12,46 | 14,14±11,17 | 15,96±8,93 | 17,45±14,10 |
| Cz | 22,12±10,95 | 17,17±8,25* | 21,78±8,55 | 19,32±10,12 |
| Oz | 21,72±11,46 | 13,33±8,51** | 22,29±10,17 | 15,20±8,84* |
| Td | 20,08±11,86 | 9,86±7,77** | 19,66±11,12 | 10,90±9,80** |
| Ts | 17,26±11,72 | 9,01±6,77** | 16,62±9,99 | 10,49±9,27* |
| Sum | 97,88±51,58 | 63,52±28,82** | 96,31±36,70 | 73,36±39,81* |
| <i>Межэлектродная разность потенциалов</i> | | | | |
| Fz-Cz | -5,41±9,90 | -3,03±11,07 | -5,83±9,50 | -1,87±10,97 |
| Fz-Oz | -5,01±10,66 | 0,82±13,00* | -6,34±10,91 | 2,25±14,19* |
| Fz-Td | -3,37±10,82 | 4,28±13,30* | -3,70±11,96 | 6,55±14,92* |
| Fz-Ts | -0,55±9,96 | 5,13±10,97* | -0,67±10,24 | 6,96±10,77* |
| Cz-Oz | 0,41±6,57 | 3,85±7,25* | -0,51±6,85 | 4,12±8,84* |
| Cz-Td | 2,04±7,67 | 7,31±9,16* | 2,13±7,54 | 8,42±11,52* |
| Cz-Ts | 4,86±8,32 | 8,16±7,88 | 5,16±7,62 | 8,83±7,98 |
| Oz-Td | 1,64±7,35 | 3,46±8,79 | 2,64±8,08 | 4,30±10,23 |
| Oz-Ts | 4,46±7,33 | 4,32±8,25 | 5,67±7,93 | 4,71±9,25 |
| Td-Ts | 2,82±7,41 | 0,86±9,10 | 3,03±8,70 | 0,41±9,86 |
| <i>Отклонения от среднего</i> | | | | |
| Fz- X_{cp} | -2,87±7,42 | 1,44±8,79* | -3,31±7,65 | 2,78±9,12* |
| Cz- X_{cp} | 2,54±4,83 | 4,47±4,86 | 2,52±4,18 | 4,65±5,49 |
| Oz- X_{cp} | 2,15±4,74 | 0,62±5,73 | 3,03±5,09 | 0,53±6,71 |
| Td- X_{cp} | 0,50±5,14 | -2,84±6,61* | 0,39±5,94 | -3,77±7,91* |
| Ts- X_{cp} | -2,32±4,99 | -3,69±5,10 | -2,64±5,24 | -4,18±4,86 |

Примечание. Статистическая значимость отличий между юношами и девушками: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

У юношей максимальные значения постоянного потенциала выявлены в центральном отведении. Отклонения значений в лобном (Fz) и затылочном (Oz) отделах составляли 3,03 и 3,85 мВ соответственно. Межэлектродная разность Fz-Oz составляла всего 0,82 мВ, что указывает на равенство УПП в данных отделах коры головного мозга. Наибольшие отклонения фиксировались между центральным и височными отведениями (Cz-Td = 7,31 мВ, Cz-Ts = 8,16 мВ). Отклонения от среднего Td- X_{cp} и Ts- X_{cp} имели отрицательные значения, что свидетельствует об очень низком уровне потенциала в височных областях. Межвисочная разность потенциалов, характеризующая межполушарную асимметрию, имела положительное значение (Td-Ts = 0,86 мВ), что говорит о незначительном превалировании работы правого полушария.

У девушек наибольшее значение УПП отмечено в центральном отведении, однако разность с затылочной областью (Cz-Oz) составляла всего 0,41 мВ, что свидетельствует о практически равных значениях потенциала в данных областях. Наибольший перепад энергозатрат регистрировался между центральным и левым височным отведениями (Cz-Ts = 4,86 мВ). В целом можно сделать вывод об отсутствии резких падений потенциала по всем отделам головного мозга. Значения в центральном, затылочном и правом височном отделах не имели значительных отличий. Небольшое снижение потенциала регистрировалось лишь в лобном и левом височном отделах мозга. Межвисочная разность потенциалов Td-Ts = 2,82 мВ указывает на преобладание активности правого полушария (см. таблицу).

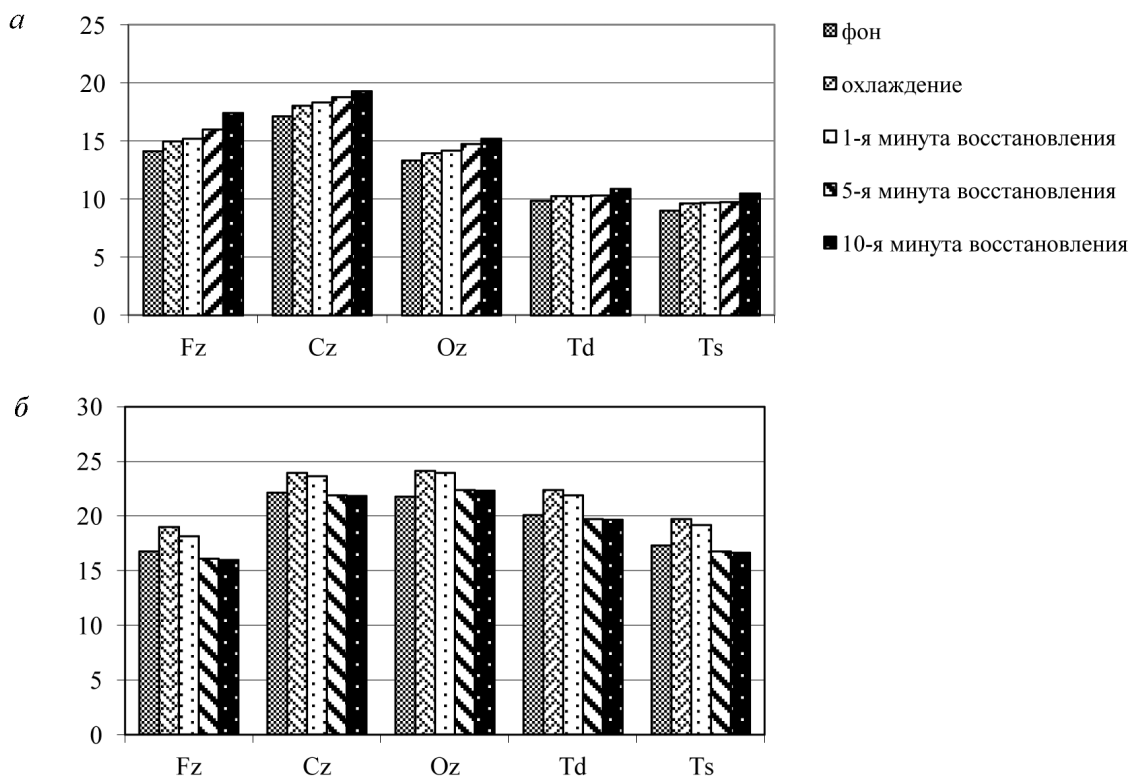
При холодовой пробе в группе юношей фиксировалось незначительное увеличение значений УПП по всем отведениям. В среднем изменение уровня потенциала произошло менее чем на 1 мВ (0,68 мВ), что составило 5,5 %. У девушек наблюдалось гораздо более существенное изменение УПП в сто-

рону возрастания: в среднем оно составило 2,24 мВ, или 11,6 %. Наибольший рост значений был зарегистрирован в лобном и левом височном отведениях. При этом значения в затылочной области в группе девушек стали превышать значения центрального отведения, чего не наблюдалось в группе юношей (см. рисунок, с. 10).

Одним из основных критериев нормализации энергообмена головного мозга является «куполообразность» распределения УПП – плавное снижение значений УПП периферических областей при максимальных значениях в центральной области. На наш взгляд, как в фоновом распределении УПП, так и при охлаждении и дальнейшем восстановлении данный принцип не полностью соблюдается в группе юношей. На протяжении всего времени исследования значения УПП височных областей коры головного мозга были в два раза меньше значений центрального отдела. Следовательно, нельзя говорить о плавном снижении значений УПП в направлении отведений Td и Ts, что может свидетельствовать об отсутствии нормализации энергообмена в группе юношей.

У девушек также регистрировались нарушения принципа «куполообразности», однако они носили совсем иной характер. Уже в фоновом распределении значения УПП затылочной области (Oz) были незначительно ниже значений центрального отведения (Cz). При холодовой пробе и на протяжении всего восстановительного периода максимальное значение УПП в группе девушек наблюдалось в затылочном отведении.

В группе юношей на протяжении всего 10-минутного периода восстановления значения УПП незначительно продолжали увеличиваться по всем отведениям. На 10-й минуте прирост составил в среднем 2 мВ. Максимальное увеличение потенциала произошло в лобном отделе головного мозга, причем основной скачок отмечен к концу восстановительного периода. Минимальное изменение



Изменение УПП при охлаждении и в течение восстановительного периода у студентов-иностранцев (мВ): *а* – юношей; *б* – девушек

УПП зафиксировано в правом височном отведении (см. рисунок, *а*). При этом межвисочная разность потенциалов (Td-Ts) еще больше приблизилась к нулю, что указывает на отсутствие доминирования какого-либо полушария мозга.

У девушек наблюдалась обратная динамика. Уже на 1-й минуте восстановительного периода регистрировалось снижение значений УПП по всем основным отведениям, и менее чем за 5 мин значения УПП возвращались к фоновым. После 5-й минуты сохранялась динамика снижения, однако изменения между 5-й и 10-й минутами были не столь существенны. К концу 10-й минуты в группе девушек уровень потенциала был в среднем на 0,54 мВ ниже фоновых значений. Исключение составляло

лишь отведение Oz (см. рисунок, *б*). Несмотря на снижение уровня потенциала в течение 10 мин, возврат к фоновым значениям не произошел, и распределение УПП по отделам головного мозга осталось с нарушениями принципа «купообразности». Межвисочная разность, напротив, незначительно увеличилась, указывая на доминирование активности правого полушария.

В группе юношей по сравнению с девушками регистрировались сниженные значения УПП головного мозга по всем его областям. В.И. Хаснулин и его коллеги при исследовании функциональных изменений состояния головного мозга и межполушарной асимметрии в процессе климатической адаптации отмечают, что на ранних стадиях происходят изменения

корково-подкорковых взаимоотношений при отборе вновь поступающих эмоциогенных сигналов [18, 19]. Главную роль при этом играют процессы запоминания и восприятия, контролируемые лимбическими структурами [18]. Вероятнее всего, активация лимбического уровня приводит к угнетению влияния коры головного мозга с последующим снижением его энергообмена, что и наблюдалось в группе юношей-иностранцев.

При кратковременном холодовом воздействии в группе юношей происходило увеличение значений УПП, что указывает на переход активности головного мозга с лимбического уровня на уровень корково-подкоркового взаимодействия [20]. Известно, что кора больших полушарий играет особую роль в регуляции висцеральных систем организма благодаря наличию корковых центров. Изменения корково-висцеральных взаимоотношений могут происходить вследствие повышения активности коры при одновременном угнетении активности подкорковых систем, что приводит к более упорядоченной обработке сенсорной информации с одновременным снижением эмоционального напряжения и стресса [7].

На протяжении 10-минутного восстановительного периода межвисочная разность Td-Ts уменьшалась, что указывает на активные процессы межполушарной интеграции. Реорганизация механизмов регуляции характеризуется полемкой «жестких» связей и возникновением более пластичного взаимодействия, как между отдельными висцеральными системами, так и между различными отделами коры головного мозга [19]. При активных процессах адаптации происходит инверсия полушарного доминирования в сторону правого полушария, т. к. именно оно осуществляет контроль эмоциогенной, гуморальной и эндокринной регуляции [21]. В последующем нарастает межполушарная интеграция и наблюдается усиление межполушарного взаимодействия. Сформированный алгоритм адаптационного ответа начинает реализовываться функциональными системами организма с последующим восстановлением

первоначального левополушарного доминирования [22, 23]. Следовательно, на основании вышесказанного можно сделать вывод о корректно сформированных механизмах адаптации к условиям Севера у юношей-иностранцев.

В группе девушек, напротив, в фоновом распределении регистрировались высокие значения УПП головного мозга, что свидетельствует о более напряженной работе корково-подкорковых структур по сравнению с юношами-иностранцами. При кратковременном холодовом воздействии происходило снижение УПП. Известно, что адаптационные перестройки, как правило, носят компромиссный характер. Угнетение активности коры головного мозга может свидетельствовать о переходе возбуждения на лимбический уровень. Заметим, что наибольшая активность при холодной пробе регистрировалась в затылочном отделе, ответственном за анализ и синтез сложных двигательных, слуховых, зрительных и осязательных функций. По мнению некоторых авторов, структуры данного отдела мозга обеспечивают стереотип поведения в сложных, прежде всего социальных условиях, связанных с трудовой или учебной деятельностью [20].

Анализ межвисочной разности (Td-Ts) указывает на преобладание в группе девушек активности правого полушария. При проведении холодной пробы и в течение восстановительного периода произошло увеличение разности Td-Ts, что может свидетельствовать об усилении его доминирования. Известно, что застойная активация правого полушария является маркером незавершенной адаптации – функционального состояния организма, основанного на процессах нервной перенастройки системных реакций при повторных воздействиях экстремальных факторов на фоне стойкого возбуждения центральных корково-подкорковых структур [3, 21].

Заключение. Таким образом, впервые проведен анализ особенностей энергообеспечения головного мозга у иностранных студентов, прибывших из стран южных и умеренных широт, в зависимости от пола при локальном

холодовом воздействии в первые месяцы проживания на территории Европейского Севера России. Отклонения от принципа «куполообразности» (максимальные значения УПП в центральной области (Cz)), из-за резкого падения значений УПП в височных областях в группе юношей, могут свидетельствовать об активном взаимодействии центральных структур мозга: коры, лимбической системы и ретикулярной формации. Взаимодействие зон коры головного мозга, а также механизмы регуляции висцеральных систем в сравнении с девушками характеризуются большей пластичностью. Отсутствие явно выраженной доминанты какого-либо полушария и наличие межполушарной интеграции указывают на процессы реализации адаптационных перестроек функциональных систем организма в данной группе исследования, что позволяет сделать вывод о формировании механизмов климатической адаптации организма у юношей-иностранцев в первые месяцы пребывания в новых, экстремальных климатогеографических условиях.

У девушек несоблюдение принципа «куполообразности» и повышенные значения УПП свидетельствуют о напряженной работе всех отделов головного мозга. Высокие значения УПП в затылочной области, с превалированием активности правого полушария, осуществляющего регуляцию эндокринных желез и иммунитета, указывают на более напряженную работу организма. Возраст 18–19 лет является окончанием периода полового созревания. Вероятнее всего, воздействие экстремальных условий Севера на фоне эндокринных и социальных изменений для девушек становится более стрессорирующим, что приводит к напряженному протеканию адаптивных процессов и истощению функциональных резервов организма. Застойная активация правого полушария свидетельствует о незавершенной адаптации и при длительном сохранении может вызвать иммунодепрессию, а также десинхронизацию деятельности функциональных систем организма, что, в свою очередь, является причиной возникновения психосоматических и соматических заболеваний.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Коновалова Г.М., Ожсва Р.Ш., Уракова Т.Ю. Воздействие внешних факторов на формирование адаптационных реакций организма человека // Новые технологии. 2010. № 2. С. 142–144.
2. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В. Психоэмоциональный стресс и метеореакции как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на Севере России // Экология человека. 2012. № 8. С. 3–7.
3. Кривошеиков С.Г., Леутин В.П., Диверт В.Э., Диверт Г.М., Платонов Я.Г., Ковтун Л.Т., Комлягина Т.Г., Мозолевская Н.В. Системные механизмы адаптации и компенсации // Бюл. Сиб. отд-ния РАМН. 2004. Т. 24, № 2. С. 148–153.
4. Псеунок А.А. Механизмы адаптации // Успехи соврем. естествознания. 2008. № 8. С. 32–33.
5. Грибанов А.В., Джос Ю.С., Афанасенкова Н.В., Подоплекин Д.Н., Канжин А.А., Иорданова Ю.А., Пушкарева И.Н., Депутат И.С., Панков М.Н. Очерки психофизиологии детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью: моногр. Архангельск, 2009. 242 с.
6. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Варианты возрастного формирования структуры ЭЭГ подростков Приполярных и Заполярных районов Европейского Севера // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 1. С. 41–45.
7. Грибанов А.В., Джос Ю.С., Рысина Н.Н. Изменения параметров биоэлектрической активности головного мозга у школьников-северян 16–17 лет в различных условиях естественной освещенности // Экология человека. 2013. № 6. С. 42–48.
8. Сергеева Е.Г. Возрастные особенности функционального развития мозга у школьников, проживающих в условиях Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2009. 21 с.
9. Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В. Энергетическая физиология мозга. М., 2003. 288 с.
10. Илюхина В.А. Медленные биоэлектрические процессы головного мозга человека. Л., 1977. 184 с.

11. Смирнов В.М., Сперанский М.М. Медленные биоэлектрические процессы коры и глубоких структур мозга человека и эмоциональное поведение // *Вопр. психологии*. 1972. № 3. С. 21–38.
12. Фокин В.Ф. Динамическая функциональная асимметрия как отражение функциональных состояний // *Асимметрия*. 2007. Т. 1, № 1. С. 4–9.
13. Дерягина Л.Е. Особенности адаптации индийских студентов к условиям Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Архангельск. 1995. 19 с.
14. Мелькова Л.А. Динамика кровообращения у жителей Африки на начальном этапе адаптации при обучении в северном вузе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2005. 18 с.
15. Гада С.М., Торшин В.И., Северин А.Е., Мансур Н. Эффекты локального охлаждения кисти руки у уроженцев жарких климатических регионов на терморегуляцию и параметры ритмокардиограммы // *Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер.: Медицина*. 2014. № 2. С. 5–11.
16. Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В. Интенсивность церебрального энергетического обмена: возможности его оценки электрофизиологическим методом // *Вестн. РАМН*. 2001. № 8. С. 38–43.
17. Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В., Кротенкова М.В., Коновалов Р.Н., Танашиян М.М., Лагода О.В. Факторы, определяющие динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии // *Асимметрия*. 2011. Т. 5, № 1. С. 4–20.
18. Севостьянова Е.В., Хаснулин В.И. Влияние типа функциональной межполушарной асимметрии головного мозга на формирование устойчивости организма человека к экстремальным геоэкологическим факторам // *Бюл. Сиб. отд-ния РАМН*. 2010. Т. 30, № 5. С. 113–119.
19. Кривошецов С.Г., Диверт Г.М. Принципы физиологической регуляции функций организма при незавершенной адаптации // *Физиология человека*. 2001. Т. 27, № 1. С. 127–133.
20. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Сравнительная оценка изменений структуры ЭЭГ при кардиотренинге у подростков приполярных и заполярных территорий Севера // *Рос. журн. им. И.М. Сеченова*. 2014. Т. 100, № 1. С. 128–138.
21. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В., Безпрозванная Е.А. Асимметрии функциональной активности полушарий мозга и обеспечение эффективной адаптации к геоэкологическим факторам высоких широт // *Мир науки, культуры, образования*. 2011. № 2. С. 308–311.
22. Павлов К.И., Каменская В.Г. Воздействие экологических факторов на спектральные характеристики динамической функциональной асимметрии мозга человека // *Психология образования в поликультур. пространстве*. 2014. № 27(3). С. 40–49.
23. Леутин В.П., Николаева Е.И., Фомина Е.В. Функциональная асимметрия мозга и незавершенная адаптация // *Руководство по функциональной межполушарной асимметрии*. М., 2009. С. 429–457.

References

1. Agadzhanian N.A., Konovalova G.M., Ozheva R.Sh., Urakova T.Yu. Vozdeystvie vneshnikh faktorov na formirovanie adaptatsionnykh reaktsiy organizma cheloveka [The Effect of External Factors on the Formation of Adaptive Reactions in Human Body]. *Novye tekhnologii*, 2010, no. 2, pp. 142–144.
2. Khasnulin V.I., Khasnulina A.V. Psikhoeemotsional'nyy stress i meteoreaktsii kak sistemnye proyavleniya dizadaptatsii cheloveka v usloviyakh izmeneniya klimata na Severe Rossii [Psycho-Emotional Stress and Meteorreacton as Systemic Manifestations of Human Disadaptation Under Changing Climatic Conditions in the North of Russia]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 8, pp. 3–7.
3. Krivoshchekov S.G., Leutin V.P., Divert V.E., Divert G.M., Platonov Ya.G., Kovtun L.T., Komlyagina T.G., Mozolevskaya N.V. Sistemnye mekhanizmy adaptatsii i kompensatsii [System Mechanisms of Adaptation and Compensation]. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya RAMN*, 2004, no. 2, pp. 148–153.
4. Pseunok A.A. Mekhanizmy adaptatsii [Adaptation Mechanisms]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2008, no. 8, pp. 32–33.
5. Griбанov A.V., Dzhos Yu.S., Afanasenkova N.V., Podoplekin D.N., Kanzhin A.V., Iordanova Yu.A., Pushkareva I.N., Deputat I.S., Pankov M.N. *Ocherki psikhofiziologii detey s sindromom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu* [Essays on Psychophysiology of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. Arkhangelsk, 2009. 242 p.
6. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V. Varianty vozrastnogo formirovaniya struktury EEG podrostkov Pripolyarnykh i Zapolyarnykh rayonov Evropeyskogo Severa [Variants of EEG Formation in Adolescents Living in

Subpolar and Polar Regions of Northern Russia]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2013, no. 1, pp. 41–45.

7. Gribanov A.V., Dzhos Yu.S., Rysina N.N. Izmeneniya parametrov bioelektricheskoy aktivnosti golovnoy mozga u shkol'nikov-severyan 16–17 let v razlichnykh usloviyakh estestvennoy osveshchennosti [Changes of Settings of Brain Bioelectrical Activity in Northern Schoolchildren Aged 16–17 in Different Ambient Light Conditions]. *Ekologiya cheloveka*, 2013, no. 6, pp. 42–48.

8. Sergeeva E.G. *Vozrastnye osobennosti funktsional'nogo razvitiya mozga u shkol'nikov, prozhivayushchikh v usloviyakh Evropeyskogo Severa*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Age-Related Features of Functional Brain Development in Schoolchildren Living in the European North: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. St. Petersburg, 2009. 21 p.

9. Fokin V.F., Ponomareva N.V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy Physiology of the Brain]. Moscow, 2003. 288 p.

10. Ilyukhina V.A. *Medlennyye bioelektricheskiye protsessy golovnoy mozga cheloveka* [Slow Bioelectric Processes in the Human Brain]. Leningrad, 1977. 184 p.

11. Smirnov V.M., Speranskiy M.M. Medlennyye bioelektricheskiye protsessy kory i glubokikh struktur mozga cheloveka i emotsional'noye povedeniye [Slow Bioelectric Processes in the Cortex and Deep Structures of the Human Brain, and Emotional Behaviour]. *Voprosy psikhologii*, 1972, no. 3, pp. 21–38.

12. Fokin V.F. Dinamicheskaya funktsional'naya asimmetriya kak otrazheniye funktsional'nykh sostoyaniy [Dynamic Functional Asymmetry as a Reflection of Functional States]. *Asimmetriya*, 2007, vol. 1, no. 1, pp. 4–9.

13. Deryagina L.E. *Osobennosti adaptatsii indiykikh studentov k usloviyam Evropeyskogo Severa*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk [Adaptation of Indian Students to the Conditions of the European North: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Arkhangel'sk. 1995. 19 p.

14. Mel'kova L.A. *Dinamika krovoobrashcheniya u zhiteley Afriki na nachal'nom etape adaptatsii pri obuchenii v severnom vuze*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Dynamics of Blood Circulation in Africans at the Initial Stage of Adaptation During Their Study at a Northern University: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Arkhangel'sk, 2005. 18 p.

15. Geda S.M., Torshin V.I., Severin A.E., Mansur N. Effekty lokal'nogo okhlazhdeniya kisti ruki u urozhentsev zharkikh klimaticheskikh regionov na termoregulyatsiyu i parametry ritmokardiogrammy [Effect of Local Hand Cooling on Thermoregulation and Rhythmocardiography Parameters in Students from Hot Climates]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Ser.: Meditsina*, 2014, no. 2, pp. 5–11.

16. Fokin V.F., Ponomareva N.V. Intensivnost' tserebral'nogo energeticheskogo obmena: vozmozhnosti ego otsenki elektrofiziologicheskimi metodami [Intensity of Cerebral Energy Metabolism: The Possibility of Its Assessment Using Electrophysiological Method]. *Vestnik RAMN*, 2001, no. 8, pp. 38–43.

17. Fokin V.F., Ponomareva N.V., Krotchenkova M.V., Konovalov R.N., Tanashyan M.M., Lagoda O.V. Faktory, opredelyayushchie dinamicheskiye svoystva funktsional'noy mezhpolusharnoy asimmetrii [Factors Determining the Dynamic Properties of Functional Interhemispheric Asymmetry]. *Asimmetriya*, 2011, vol. 5, no. 1, pp. 4–20.

18. Sevost'yanova E.V., Khasnulin V.I. Vliyaniye tipa funktsional'noy mezhpolusharnoy asimmetrii golovnoy mozga na formirovaniye ustoychivosti organizma cheloveka k ekstremal'nym geoekologicheskimi faktorami [Influence of Type of Functional Interhemispheric Asymmetry of Brain on the Formation of Human Organism Resistance to Extreme Geoeological Factors]. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya RAMN*, 2010, vol. 30, no. 5, pp. 113–119.

19. Krivoshchekov S.G., Divert G.M. Printsipy fiziologicheskoy regulyatsii funktsiy organizma pri nezavershennoy adaptatsii [Principles of Physiological Regulation of Body Functions at Incomplete Adaptation]. *Fiziologiya cheloveka*, 2001, vol. 27, no. 1, pp. 127–133.

20. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V. Sravnitel'naya otsenka izmeneniy struktury EEG pri kardiotreninge u podrostkov pripolyarnykh i zapolyarnykh territoriy Severa [Comparison of Electroencephalogram Changes at Cardiovascular Training in Adolescents of Subpolar and Polar Northern Territories]. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2014, vol. 100, no. 1, pp. 128–138.

21. Khasnulin V.I., Khasnulina A.V., Bezprozvannaya E.A. Asimmetrii funktsional'noy aktivnosti polushariy mozga i obespecheniye effektivnoy adaptatsii k geoeekologicheskimi faktorami vysokikh shirot [Functional Interhemispheric Asymmetry and Efficient Adaptation to Geo-Ecological Factors of High Latitudes]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2011, no. 2, pp. 308–311.

22. Pavlov K.I., Kamenskaya V.G. Vozdeystviye ekologicheskikh faktorov na spektral'nyye kharakteristiki dinamicheskoy funktsional'noy asimmetrii mozga cheloveka [The Influence of Ecological Factors on Spectral

Characteristics of the Dynamic Encephalic Asymmetry]. *Psikhologiya obrazovaniya v polikul'turnom prostranstve*, 2014, no. 27, pp. 40–49.

23. Leutin V.P., Nikolaeva E.I., Fomina E.V. Funktsional'naya asimmetriya mozga i nezavershennaya adaptatsiya [Functional Brain Asymmetry and Incomplete Adaptation]. *Rukovodstvo po funktsional'noy mezhpolusharnoy asimmetrii* [A Guide to Functional Hemispheric Asymmetry]. Moscow, 2009, pp. 429–457.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.5

Anatoliy V. Griбанov*, Natal'ya Yu. Anikina*

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

DISTRIBUTION OF CEREBRAL DC POTENTIAL LEVEL IN FOREIGN STUDENTS AT LOCAL COOLING IN HUMID ENVIRONMENT (Exemplified by Arkhangelsk Universities)

This article studied the distribution of DC potential level (DCPL) at local hand cooling in water in 69 foreign students from southern or temperate latitudes during their first months of living in the European North of Russia. DCPL describes the level of stable functioning of brain structures, while its deviation from the norm can serve as an indicator of the effectiveness of the body's adaptive adjustments under changing environmental conditions. The potentials were recorded unipolarly in 5 main leads. Local hand cooling was performed in water for 1 min. We recorded the DC potential level in background distribution, at the beginning and at the end of the cold test, as well as in the 1st, 5th and 10th minute of the recovery period. The analysis of the results allowed us to determine sex-related differences in the formation of adaptive mechanisms. Young men showed coordinated work of the cerebral cortex, limbic system and reticular formation. The lack of hemispheric dominance indicates active processes of interhemispheric integration, which brings us to the conclusion that adaptive adjustments take place in this group during their first months in the new climatic conditions. Female students showed increased DC potential level, which indicates a high level of strain in adaptation processes due to changes in the endocrine system and, possibly, social adaptation. Stagnant activation of the right hemisphere in the female group is a marker of incomplete adaptation which, if it persists, can cause desynchronization of body systems resulting in various diseases.

Keywords: DC potential level, foreign students in the North, local cooling in humid environment, adaptation of the body, energy transfer in the brain.

Поступила 02.06.2016

Received 2 June 2016

Corresponding author: Natal'ya Anikina, address: proezd Badigina 3, Arkhangelsk, 163045, Russian Federation; e-mail: anikinanatalja@yandex.ru

For citation: Griбанov A.V., Anikina N.Yu. Distribution of Cerebral DC Potential Level in Foreign Students at Local Cooling in Humid Environment (Exemplified by Arkhangelsk Universities). *Journal of Medical and Biological Research*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 5–15. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.5