

## АРКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

А.В. Грибанов, А.Н. Нехорошкова, И.С. Депутат,  
М.Н. Панков, И.С. Кожевникова

## ЦЕРЕБРАЛЬНЫЙ ЭНЕРГОМЕТАБОЛИЗМ У ДЕТЕЙ–СЕВЕРЯН С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ТРЕВОЖНОСТИ

DOI 10.25789/УМЖ.2019.68.24

УДК 612[66+821] +616.89

**Цель** исследования - определить особенности распределения уровня постоянного потенциала (УПП) головного мозга у детей с высоким уровнем тревожности, проживающих в Арктическом регионе. Выявлено повышение абсолютных значений постоянного потенциала во всех отведениях у высокотрехотных детей-северян, нарушение принципа «купообразности» распределения нейроэнергетических затрат, сдвиг распределения УПП в затылочную область головного мозга. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о более высоких энергозатратах головного мозга в целом у детей, проживающих в Арктическом регионе, что выражается в увеличении суммарных показателей УПП за счет повышения значений потенциалов в каждой области головного мозга, а также возрастание УПП при наличии фактора высокой тревожности.

**Ключевые слова:** дети, тревожность, уровень постоянного потенциала, Север, Арктический регион.

The **purpose** of the study is to determine the characteristics of the distribution of the level of DC potential of the brain in children with a high level of anxiety living in the Arctic region. We have revealed an increase in the absolute values of the constant DC potential of high-anxious children living in the Arctic region. The results of the study indicate a higher energy consumption of the brain in children living in the Arctic region. An increase in total DC potentials indicators was recorded. In children with high anxiety, these indicators show even greater DC potentials.

**Keywords:** children, anxiety, DC potential, North, Arctic region.

**Введение.** Известно, что проживание в условиях северных широт негативно влияет на здоровье человека и становится причиной более интенсивного использования и быстрого истощения адаптационных резервов организма [4, 7]. Детский организм более интенсивно реагирует на внешние воздействия, поскольку находится в процессе формирования функциональных систем, в связи с этим изучение специфики функционального состояния ЦНС у детей, проживающих в условиях Арктического региона, приобретает особую актуальность. Возраст 9-10 лет является периодом структурно-функциональных перестроек центральной нервной системы, требует больших энергетических затрат и характеризуется высокой чувствительностью к внешним воздействиям, в том числе к неблагоприятным климатическим факторам высоких широт [1, 11]. В связи с этим особую значимость в изучении функционального состояния ЦНС при-

обретает исследование энергообмена головного мозга с помощью метода регистрации уровня постоянного потенциала (УПП) [2, 3]. Регистрация основана на оценке интенсивности церебрального метаболизма и является методом его биохимической нейровизуализации. Высокая готовность реагировать по тревожному типу является одной из значимых характеристик дистресса на Севере [8]. Ребенок с высокой тревожностью будет находиться в группе повышенного риска уязвимости к действию неблагоприятных факторов среды в связи с необходимостью организма затрачивать большее количество усилий на обработку поступающей информации и формирование ответных реакций [5, 10, 12]. При этом исследование взаимосвязи детской тревожности с особенностями функционального состояния ЦНС детей-северян немногочисленны, а изучению особенностей протекания церебральных энергетических процессов при высокой тревожности у детей не уделяется должного внимания. Исходя из этого, **цель** нашего исследования – определить особенности распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у детей с высоким уровнем тревожности, проживающих в Арктическом регионе.

**Материалы и методы исследования.** В поперечном одномоментном исследовании принимали участие 105 детей в возрасте 9-10 лет. Все дети обучались в третьих классах общеоб-

разовательных школ г. Архангельска. Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом Северного Арктического федерального университета им. М.В. Ломоносова. Обследование детей проводилось с письменного информированного согласия родителей. Уровень личностной тревожности детей оценивался с помощью теста «Многомерной оценки детской тревожности (МОДТ)».

Для регистрации и анализа интенсивности церебрального энергетического обмена использовался 5-канальный аппаратно-программный комплекс «НЕЙРО-КМ» ООО НМФ «СТАТОКИН» (Россия). Уровень постоянного потенциала регистрировали монополярно в лобном (Fz), центральном (Cz), затылочном (Oz), правом височном (Td) и левом височном (Ts) отведениях по международной схеме 10–20. Запись значений постоянного потенциала осуществлялась через 5-6 мин после наложения электродов на точки отведения и далее велась непрерывно в течение всего исследования. Анализ постоянного потенциала проводился путем картирования монополярных значений и расчета межэлектродной разности. Для оценки локальных значений постоянного потенциала в каждом из отделов, исключая влияние референтного электрода, был про-

Институт медико-биологических исследований САФУ им. М.В. Ломоносова: **ГРИБАНОВ Анатолий Владимирович** – д.м.н., проф., гл.н.с., a.gribanov@narfu.ru, ORCID 0000-0002-4714-6408, **НЕХОРОШКОВА Александра Николаевна** – к.б.н., с.н.с., **ДЕПУТАТ Ирина Сергеевна** – к.б.н., доцент, с.н.с., **ПАНКОВ Михаил Николаевич** – к.м.н., доцент, директор, ORCID 0000-0003-3293-5751, **КОЖЕВНИКОВА Ирина Сергеевна** – к.б.н., с.н.с., ORCID 0000-0001-7194-9465.

изведен расчет отклонений УПП от среднего в каждом из отведений по всем областям коры головного мозга. Полученные характеристики распределения УПП сравнивались со среднестатистическими нормативными значениями, выделенными для соответствующих возрастных групп средних широт России.

Поскольку статистически значимых различий между группами мальчиков и девочек по исследуемым показателям не было выявлено, школьники, проживающие в Арктическом регионе, были разделены на две группы: с высоким уровнем личностной тревожности (40 чел.) и с нормальным уровнем тревожности (65 чел.). В группу контроля включили результаты картирования детей из средней полосы России, встроенные в программное обеспечение аппаратно-программного комплекса «НЕЙРО-КМ» ООО НМФ «СТАТОКИН».

Обработка данных проводилась с использованием статистического пакета программ «SPSS 17 for Windows». Производилась оценка распределения признаков на нормальность с использованием критериев Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Так как распределение показателей соответствовало критериям нормальности, для выявления различий между сравниваемыми группами использовали *t*-критерий Стьюдента, для описательной статистики показателей – их средние арифметические значения. Критический уровень значимости (*p*) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

**Результаты и обсуждение.** Полученные нами результаты, характеризующие протекание церебральных энергетических процессов у детей-северян, указывают как на напряжение физиологических систем организма в целом, характерное для жителей Крайнего Севера, так и на изменение энергозатрат головного мозга у детей-северян с высоким уровнем тревожности (рисунк).

Показано, что интенсивность церебрального метаболизма у детей снижается после 9-летнего возраста [2]. Однако наши результаты свидетельствуют, что у детей, проживающих в условиях Арктического региона, показатели интенсивности церебрального энергообмена имеют высокие значения. Так, суммарные церебральные энергозатраты детей-северян как в группе с нормальным уровнем тревожности, так и в группе детей с высокой тревожностью превышают норматив-

ные значения на 37 и 85% соответственно. Абсолютные значения постоянного потенциала детей-северян обеих групп также превышают показатели группы контроля по всем отведениям. Исключение составляют показатели лобного отведения в группе детей-северян с нормальным уровнем тревожности – они практически идентичны показателям детей средней полосы России (*Fz* 8,1 мВ и 8,5 мВ соответственно), тогда как у высокотренированных детей-северян он повышен практически в два раза по сравнению с двумя другими группами.

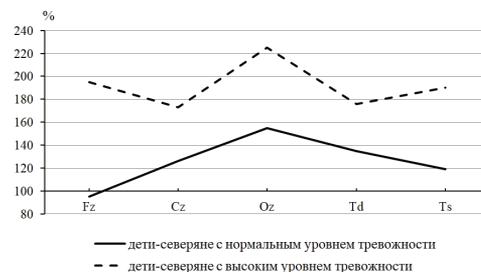
Анализ относительных значений постоянного потенциала позволил подтвердить предположение о более медленных темпах созревания некоторых структур и функций головного мозга у детей Арктического региона по сравнению с их сверстниками из средней полосы России. Об относительной незрелости лобных структур головного мозга детей 9-10 лет, проживающих в условиях Арктического региона, в обеих экспериментальных группах говорит снижение энергозатрат в лобных отделах относительно других участков мозга. По нормативным значениям, эта разность составляет 2,4 мВ, у детей-северян с нормальным уровнем тревожности – 5,7 мВ и с высоким уровнем тревожности – 4,2 мВ.

В группе высокотренированных детей обращает на себя внимание высокое значение показателя, характеризующего энергозатраты в левой височной области (*Ts* 20,1 мВ; *p* ≤ 0,001), которое практически в два раза превышает аналогичные значения в двух других группах. Помимо этого абсолютные значения постоянного потенциала в данной группе достоверно выше показателей двух других групп по всем отведениям почти в два раза. В нормальных условиях кора головного мозга человека может тормозить нижележащие центры, что позволяет организму смягчать проявления или

регулировать интенсивность тревоги [6]. Осуществление подобного контроля на оптимальном уровне возможно лишь при функциональной зрелости неокортекса, в частности лобных отделов. Функциональные системы мозга, обеспечивающие произвольную регуляцию, активно созревают и совершенствуются на протяжении всего периода младшего школьного возраста [3, 9]. Вероятно, высокая тревожность в возрасте 9-10 лет является фактором, активно влияющим на динамику протекания этих процессов, что подтверждается наибольшим повышением показателей УПП у детей с тревожностью в лобном и левом височном отделах головного мозга.

Зарегистрированные в центральных отделах мозга значения постоянного потенциала у детей-северян также превышают таковые в остальных отведениях. Однако относительное распределение их постоянного потенциала не соответствует куполообразному: практически отсутствует различие в энергозатратах между центральным и затылочным отделами головного мозга (0,8 мВ), тогда как у детей средней полосы при сравнении показателей по данным отведениям оно является максимальным (3,1 мВ). При этом по показателям отклонения от среднего значения УПП в центральных отделах головного мозга группы детей не имеют статистически достоверных отличий (*p* = 0,616), а по показателям отклонения от среднего значения УПП в затылочных отделах разница между младшими школьниками-северянами и их сверстниками из средней полосы России значительна (*p* = 0,014).

У детей-северян с высокой тревожностью максимальные значения постоянного потенциала зарегистрированы в затылочном отведении, а разница в энергозатратах между центральным и затылочным отделами головного мозга практически отсутствует. При этом по показателям отклонения от среднего значения постоянных потенциалов в затылочных отделах разница между высокотренированными младшими школьниками и их сверстниками с нормальным уровнем тревожности значима (*p* = 0,034). Следовательно, нарушение принципа куполообразности распределения нейроэнергозатрат в группе детей с высокой тревожностью в еще большей степени обусловлено увеличением у них постоянного потенциала в затылочных отделах головного мозга. Известно, что лобальный постоянный потенциал в



Профиль распределения показателей постоянного потенциала.

Примечание. Нормативные значения контрольной группы приняты за 100%.

затылочной области в определенной мере отражает изменения энергетического метаболизма в стволовых структурах, участвующих в регуляции эмоций. В то же время установлено, что структуры гипоталамо-гипофизарной системы и стволовой ретикулярной формации активируются при стрессе. Очевидно, сдвиг распределения постоянного потенциала в затылочную область головного мозга у тревожных детей также может быть связан с усилением функциональной активности неспецифических ретикуло-лимбико-кортикальных нейронных связей при высокой тревожности.

Таким образом, нарушение принципа куполообразности распределения нейроэнергетических ресурсов в группе детей, проживающих в условиях Крайнего Севера, обусловлено существенным увеличением постоянного потенциала в затылочных отделах головного мозга. При этом повышенный уровень тревожности выступает фактором, обуславливающим усиление энергообмена в затылочных областях мозга.

**Заключение.** Таким образом, нами показано, что у детей, проживающих в Арктическом регионе, увеличены суммарные показатели УПП за счет повышения значений потенциалов в каждой области головного мозга и увеличены показатели УПП при высоком уровне тревожности. Выявленное нарушение принципа «куполообразности» распределения нейроэнергетических ресурсов обусловлено сдвигом распределения УПП в затылочную область головного мозга, может быть связано как с воздействием неблагоприятных климато-экологических условий проживания в целом, так и с усилением функциональной активности неспецифических ретикуло-лимбико-кортикальных нейронных связей при высокой тревожности.

Уменьшение энергозатрат в лобных отделах относительно других участков у детей-северян по сравнению с их сверстниками из центральных регионов России можно расценивать как проявление функционального напряжения центральной нервной системы при проживании в условиях Арктического региона.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Архангельской области в рамках научного проекта № 18-415-292004.*

### Литература

1. Криволапчук И.А. Функциональное состояние детей 6-8 лет при напряженных тестовых нагрузках различного типа / И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2017. – Т. 67, №2. – С. 165-179. DOI: 10.7868/S0044467717010099
2. Krivolapchuk I.A. 6-8 Aged Children's Functional State Under Intensive Test Tensions of Different Type / I.A. Krivolapchuk, M.B. Chernova // Journal of higher nervous activity I.P. Pavlov. – 2017. – №67(2). – P. 165-179.
3. Нейроэнергетика у детей младшего школьного возраста с агрессивным поведением / Е.В. Сидорова, И.В. Антонова, А.Н. Подоплекин [и др.] // Экология человека. – 2015. – №2. – С. 51-56.
4. Neuroenergetics in primary school-aged children with aggressive behavior / E.V. Sidorova, I.V. Antonova, A.N. Podoplekin [et al.] // Human Ecology. – 2015. – №2. – P. 51-56.
5. Резникова Т.Н. Особенности метаболизма структур головного мозга при осознанной и неосознанной тревоге / Т.Н. Резникова, И.Ю. Терентьева, Г.В. Катаева // Физиология человека. – 2008. Т. 34, №5. – С. 5-12.
6. Reznikova T.N. Metabolic characteristics of brain structures during conscious and unconscious anxiety / T.N. Reznikova, I.Yu. Terentyeva, G.V. Kataeva // Human Physiology. – 2008. – N 34(5). – P. 5-12. DOI: 10.1134/S0362119708050010
7. Хаснулин В.И. Психоземональный стресс и метеореакции как системные проявления дизадаптации человека в условиях из-

менения климата на Севере России / В.И. Хаснулин, А.В. Хаснулин // Экология человека. – 2012. – №8. – С. 3-7.

Hasnulin V.I. Psycho-emotional stress and meteorereaction as systemic manifestations of human disadaptation under changing climatic conditions in the North of Russia / V.I. Hasnulin, A.V. Hasnulin // Human Ecology. – 2012. – №8. – P. 3-7.

5. Частотно-топографические корреляты субъективного и вегетативного компонентов эмоции / В.В. Коренек, С.В. Павлов, Н.В. Рева, И.В. Брак // Бюллетень СО РАМН. – 2010. – Т. 30, №4. – С. 124-131.

Oscillatory and topographic correlates of experiential and autonomic components of emotion / V.V. Korenek, S.V. Pavlov, N.B. Reva, I.V. Brak // Bulletin of RAMS. – 2010. – N 30(4). – P. 124-131.

6. Content-Specific Interpretation Bias in Children with Varying Levels of Anxiety: The Role of Gender and Age / L. Mobach, M. Rinck, E.S. Becker [et al.] // Child Psychiatry & Human Development. – 2019. DOI: 10.1007/s10578-019-00883-8

7. Going global by adapting local: a review of recent human adaptation / S. Fan, M.E. Hansen, Y. Lo, S.A. Tishkoff // Science. – 2016. – 354. – P. 54-59. DOI: 10.1126/science.aaf5098

8. Murray L. The development of anxiety disorders in childhood: an integrative review / L. Murray, C. Creswell, P. Cooper // Psychological Medicine. – 2009. – 39(9). – P. 1413-1423. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0033291709005157>

9. Psychometric properties of the Child Anxiety Life Interference Scale – Preschool Version / T.J. Gilbertson, A.J. Morgan, R.M. Rapee [et al.] // Journal of Anxiety Disorders. – 2017. – 52. – P. 62-71. DOI: 10.1016/j.janxdis.2017.10.002

10. Research Review: Is anxiety associated with negative interpretations of ambiguity in children and adolescents? A systematic review and meta-analysis / S. Stuijzand, C. Creswell, A.P. Field [et al.] // The Journal of Child Psychology and Psychiatry. – 2017. DOI: 10.1111/jcpp.12822

11. Stassart C. The role of parental anxiety sensitivity and learning experiences in children's anxiety sensitivity / C. Stassart, B. Dardenne, A.M. Etienne // The British journal of developmental psychology. – 2017. – 35 (3). – P. 359-375. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/bjdp.12172>

12. Weger M. High anxiety trait: A vulnerable phenotype for stress-induced depression / M. Weger, C. Sandi // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2018. – 87. – P. 27-37. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2018.01.012