

УДК 612.821-073.97-053.5(1-17)

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОСТОЯННОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ-СЕВЕРЯН МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

© 2014 г. Ю. С. Джос, А. Н. Нехорошкова, А. В. Грибанов

Институт медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

В последние десятилетия в России показатели состояния здоровья детей ухудшаются в процессе обучения в школе от младших классов к старшим. В этой связи неоспорима актуальность вопросов изучения здоровья и развития младших школьников. Знание физиологических механизмов, определяющих особенности психических процессов и функциональные возможности детей в процессе обучения, является важнейшим условием успешной адаптации к школе [5, 11].

Исследования общих закономерностей и специфики функционирования детского организма требуют учета как морфофункциональной зрелости отдельных физиологических систем, так и механизмов, обеспечивающих адаптивное реагирование на внешние воздействия в различных возрастных периодах. Младший школьный возраст характеризуется интенсивным созреванием центральной нервной системы (ЦНС). Отмечается увеличение числа пирамидных нейронов среднего и крупного размера, формируются горизонтальные корковые связи, происходит рост в длину и разветвление дендритов пирамидных нейронов [11, 15, 16]. Эти процессы находят свое отражение в электроэнцефалограмме. Формируется регулярный альфа-ритм с доминирующей частотой 8–10 Гц [3, 7, 11]. Дальнейшее совершенствование ансамблевой организации нейронных сетей и развитие горизонтальных связей приводят к увеличению частоты основного ритма до 10–11 Гц и распространению его на теменные [2] и передние отделы мозга [11, 12]. Указанные перестройки можно рассматривать как отражение онтогенетических процессов специализации и функционального объединения корковых зон для формирования более эффективных систем переработки информации. Появление отчетливого лобного фокуса соответствует представлениям о важнейшей роли этих корковых зон в организации и планировании сложной психической деятельности [2, 11]. Однако в 9–10 лет отмечается ослабление роли фронтальных отделов в контроле и регуляции деятельности [1], что сопровождается снижением пространственной синхронизации альфа-ритма между симметричными лобными областями [11]. Вместе с тем к 10 годам возрастает пространственная синхронизация альфа-ритма в теменно-височных областях, играющих важную роль в зрительно-пространственной деятельности [2, 11].

Развитие корково-подкорковых связей также вносит существенный вклад в совершенствование паттерна электроэнцефалограммы на этом возрастном этапе. Именно в 9–10 лет происходит резкое уменьшение амплитуды и представленности медленноволновой генерализованной активности, что отражается на спектральных оценках в виде снижения относительной мощности тета-колебаний [2, 11] и уменьшения индекса тета-ритма до 17,5–21,0 %, в то время как динамика индекса дель-

В статье приводятся результаты исследования биоэлектрической активности головного мозга и церебрального энергообмена у 60 детей-северян 9–10 лет (30 мальчиков и 30 девочек) по данным электроэнцефалографии и метода регистрации уровня постоянного потенциала мозга. Выявлено, что возрастное развитие детей младшего школьного возраста происходит на фоне адаптации к комплексу суровых факторов Севера и характеризуется особыми темпами возрастного формирования биоэлектрической активности головного мозга, что проявляется более низкой частотой альфа-ритма и наличием более высокого уровня тета- и дельта-активности, особенно в лобных зонах коры. Это сопровождается более высокими энергозатратами головного мозга в целом и уменьшением энергозатрат в лобных отделах у детей-северян по сравнению с их сверстниками из центральных регионов России. Данные факты свидетельствуют об относительной незрелости структур головного мозга и проявлении функционального напряжения, связанного с воздействием климато-экологических условий Севера на организм детей.

Ключевые слова: дети, Север, электроэнцефалография, энергетическое состояние головного мозга, распределение уровня постоянного потенциала головного мозга

та-ритма носит нелинейный характер. Отмечается нарастание индекса дельта-ритма до $(33,2 \pm 2,58) \%$ в 9 лет с последующим снижением до $(15,8 \pm 3,2) \%$ к 11 годам [8].

Морфофункциональное формирование головного мозга детей, проживающих в условиях Севера, проявляется в более поздних по сравнению со среднеевропейскими нормами темпах созревания. Хотя это совпадает с данными о задержке развития эндокринной и иммунной систем организма детей-северян [6] и более поздними сроками полового созревания [9], факторы, оказывающие влияние на скорость морфофункционального созревания организма до конца не изучены. Известно, что периоды структурно-функциональных перестроек ЦНС детей младшего школьного возраста требуют больших энергетических затрат и характеризуются высокой чувствительностью к внешним воздействиям [1], в том числе к неблагоприятным климатическим факторам среды обитания [14]. В связи с этим особую значимость в изучении функционального состояния ЦНС приобретает исследование энергообмена головного мозга с помощью метода регистрации уровня постоянного потенциала (УПП). Регистрация основана на оценке интенсивности церебрального метаболизма и является методом его биохимической нейровизуализации [4, 13].

Рядом авторов [9, 14] показана важность изучения распределения УПП для расширения представлений об особенностях функционирования головного мозга младших школьников. До настоящего времени нет научных данных об энергетическом обеспечении биоэлектрических процессов головного мозга детей-северян. Вместе с тем прогрессивные структурные преобразования, происходящие в младшем школьном возрасте в различных областях коры головного мозга, обуславливают важность изучения особенностей энергетического состояния ЦНС. Это положение легло в основу проведения нашего исследования, целью которого было оценить функциональное состояние головного мозга у детей-северян 9–10 лет по данным электроэнцефалографии и распределению УПП.

Методы

В поперечном одномоментном исследовании принимали участие 60 детей (30 мальчиков и 30 девочек) в возрасте 9–10 лет, учащиеся младших классов общеобразовательных школ г. Архангельска, родившиеся и постоянно проживающие в условиях Севера. Дети имели первую и вторую группу здоровья. Обследование детей проводилось с информированного согласия родителей.

Для регистрации, обработки и анализа биоэлектрической активности головного мозга применялся комплекс компьютерный многофункциональный «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Активные электроды накладывались в соответствии с международной схемой «10–20»,

монополярно в 16 стандартных отведениях — лобных (FP1, FP2, F3, F4, F7, F8), центральных (C3, C4), височных (T3, T4, T5, T6), теменных (P3, P4), затылочных (O1, O2). Референтные электроды располагались на мочках ушей.

Оценку биоэлектрической активности головного мозга проводили в комфортной, привычной обстановке в период с 9 до 14 часов. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами. При оценке ЭЭГ каждого испытуемого выделяли безартефактные отрезки записи, спектр анализировали по дельта- (1,6–3,9 Гц), тета- (4–7 Гц), альфа- (8–13 Гц), бета1- (13,1–20,0 Гц) и бета2- (20,1–34,0 Гц) диапазонам. В каждом частотном диапазоне оценивали максимальную амплитуду (мкВ), полную мощность (мкВ²) и доминирующую частоту (Гц) и индекс ритма (%).

Для регистрации и анализа интенсивности церебрального энергетического обмена использовался 5-канальный аппаратно-программный комплекс для топографического картирования электрической активности мозга «НЕЙРО-КМ» ООО НМФ «СТАТОКИН». Регистрировали УПП монополярно в лобном (Fz), центральном (Cz), затылочном (Oz), правом височном (Td) и левом височном (Ts) отведениях. Полученные характеристики распределения УПП в милливольтгах (мВ) сравнивались со среднестатистическими нормативными значениями, выделенными для соответствующих возрастных групп средних широт России.

Обработка данных проводилась с использованием статистического пакета программ SPSS 17 for Windows. Распределение признаков на нормальность оценивалось с применением критериев 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

Известно, что проживание в климатических условиях Крайнего Севера, протекающее при дополнительных функциональных нагрузках, отличается более напряженным функционированием физиологических систем организма человека [10, 14]. Это подтверждается и результатами проведенного нами исследования.

Для детей-северян младшего школьного возраста характерно незначительное снижение доминирующей частоты основного ритма при сравнении со сверстниками из центральных районов. Так, доминирующая частота альфа-ритма в затылочных отведениях составляет 9,5–9,6 Гц, в теменных — 9,4–9,5 Гц, в то время как в лобных отведениях — 9,1–9,2 Гц. Амплитудно-спектральные характеристики медленноволновой активности у детей, проживающих на Севере, повышены. Особенно это выражено в

Выраженность максимальной амплитуды (мкВ), полной мощности (мкВ²) и индекса (%) дельта- и тета-ритмов у детей младшего школьного возраста, Ме (Q₁–Q₃)

Отведение	Дельта-ритм			Тета-ритм		
	Амплитуда	Мощность	Индекс	Амплитуда	Мощность	Индекс
FP1	33 (28–40)	157,6 (200,4–239,8)	58,6	39 (35–49)	53,8 (62,3–79,9)	20,1
FP2	33 (27–39)	152,2 (187,9–265,1)	59,4	39 (34–49)	48,7 (64,3–82,7)	20,1
F3	38 (29–45)	134,6 (159,4–214,5)	48,9	41 (35–46)	70,8 (79,4–111,5)	25,6
F4	36 (32–45)	126,1 (155,9–204,7)	48,8	40 (34–46)	65,5 (79,5–111,7)	25,6
C3	43 (33–49)	133,9 (176,6–225,7)	44,9	45 (37–54)	78,3 (101,1–144,3)	27,6
C4	42 (36–49)	137,6 (155,6–216,9)	44,1	42 (38–51)	77,8 (96,7–136,5)	27,8
P3	47 (41–56)	145,4 (173,2–213,9)	40,3	48 (40–56)	77,2 (110,1–160,5)	26,1
P4	52 (42–60)	135,9 (173,3–210,0)	38,6	47 (40–55)	77,9 (110,5–148,4)	26,6
O1	58 (51–73)	168,7 (198,6–249,6)	36,0	48 (41–59)	81,3 (107,1–158,7)	20,6
O2	62 (53–76)	156,4 (156,4–240,3)	34,1	50 (42–61)	79,9 (105,1–154,485)	19,9
F7	31 (24–37)	96,1 (126,8–156,4)	52,0	34 (29–41)	40,6 (53,1–73,5)	22,5
F8	25 (25–30)	98,0 (96,1–122,1)	52,4	29 (28–29)	42,5 (50,8–73,8)	22,9
T3	32 (26–39)	91,0 (98,02–109,2)	47,5	28 (30–33)	42,5 (54,7–78,3)	24,1
T4	32 (25–42)	98,0 (117,4–163,3)	49,0	34 (28–42)	40,6 (52,2–83,6)	24,2
T5	36 (28–43)	99,2 (123,8–165,0)	44,6	35 (31–45)	49,5 (61,1–88,7)	24,3
T6	38 (29–47)	96,0 (122,0–163,6)	44,8	37 (33–47)	49,1 (70,7–90,9)	25,0

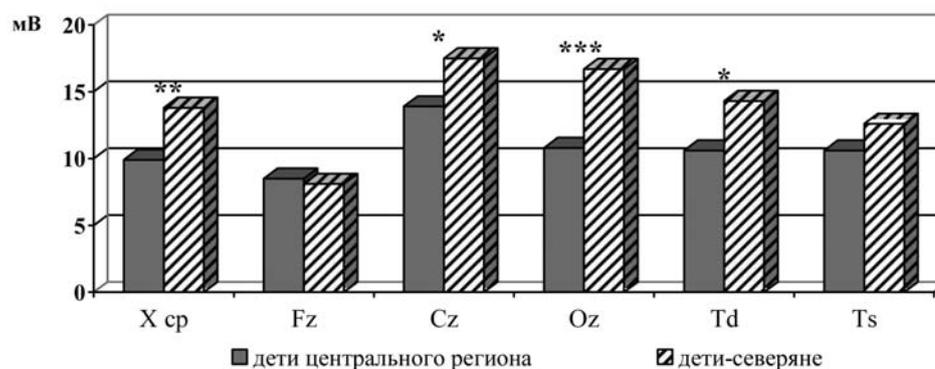
параметрах дельта-ритма. Индекс дельта-ритма максимально выражен в лобных областях (48–58 %) и постепенно снижается по направлению к затылочным зонам (34–36 %). При этом максимальная амплитуда дельта-ритма имеет наибольшие значения в затылочных областях, а полная мощность преобладает в лобных и затылочных. Индекс тета-ритма распределен по всем зонам коры практически равномерно и составляет 21–27 %. Выраженность максимальной амплитуды и полной мощности тета-ритма также не имеет зональных различий (таблица).

Суммарные энергетические затраты в группе детей, проживающих на территории Крайнего Севера, превышают нормативные значения на 25 %, статистически значимо ($p = 0,026$) отличаясь от суммарных показателей детей, проживающих в средних широтах.

Абсолютные значения УПП северян также превышают нормативные показатели по всем отведениям, за исключением лобного (рисунок). Так, среднее значение УПП по всем точкам головы в группе детей, проживающих на территории Крайнего Севера, составляет 13,8 мВ, тогда как у детей центральных регионов России данный показатель равен 9,9 мВ.

Статистически значимые различия получены по показателям центрального (17,5 мВ у детей-северян и 13,9 мВ у детей центральных регионов, $p = 0,021$), затылочного (16,7 и 10,8 мВ соответственно, $p = 0,001$) и правого височного (14,3 и 10,6 мВ, $p = 0,035$) отведений.

Существенная разница между детьми 9–10 лет, проживающими в северных климатических условиях, и младшими школьниками центральных регионов России отмечается и при анализе распределения



Абсолютные значения показателей уровня постоянного потенциала у детей младшего школьного возраста

Примечания: X cp – среднее арифметическое значений УПП по всем отведениям; звездочками обозначена статистически значимая разница между показателями детей-северян и детей центрального региона России (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$).

постоянного потенциала по отделам мозга. Основной характеристикой нейроэнергообмена детей, проживающих в средних широтах, выступает принцип куполообразности, при котором максимальные значения потенциала регистрируются в центральном отведении и плавно снижаются к периферии [13]. Зарегистрированные в центральных отделах мозга значения УПП 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 значимых 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 ($p = 0,014$) и составляет 2,8 и 0,9 мВ соответственно. Следовательно, нарушение принципа куполообразности распределения нейроэнергозатрат в группе детей, проживающих в условиях Крайнего Севера, обусловлено существенным увеличением их УПП в затылочных отделах головного мозга.

Обсуждение результатов

Возрастное развитие детей младшего школьного возраста происходит на фоне адаптации к комплексу суровых факторов Севера и характеризуется особыми темпами возрастного формирования биоэлектрической активности головного мозга, что проявляется незначительно сниженной частотой до 9 Гц альфаритма с тенденцией распространения на передние области коры больших полушарий, наличием более высокого уровня тета- и дельта-активности, особенно в лобных зонах коры. Из исследований, проводимых при помощи позитронно-эмиссионной томографии, известно, что интенсивный церебральный метаболизм, превышающий показатели взрослого человека почти вдвое, характерен для детей в возрасте от 3 до 8 лет. Это объясняется активным созреванием нейронного аппарата коры головного мозга и увеличением числа синаптических контактов, характерными для данного возрастного периода. После 9 лет интенсивность нейроэнергометаболизма у детей значительно снижается [1]. Полученные в нашем исследовании данные свидетельствуют о том, что у детей 9–10 лет, проживающих в условиях Крайнего Севера, показатели интенсивности церебрального энергообмена в этом возрасте продолжают сохранять высокие значения. Данный факт может быть связан с функциональным напряжением ЦНС северян младшего школьного возраста ввиду неблагоприятного воздействия климатических

условий проживания. Кроме того, он позволяет предполагать более медленные темпы созревания некоторых структур и функций головного мозга у детей Крайнего Севера по сравнению с их сверстниками из средней полосы России.

Данное предположение подтверждается и результатами анализа показателей разности потенциалов лобных отделов с другими участками мозга у детей центрального и северного регионов. Так, если у детей центрального региона эта разность составляет $-1,39$ мВ, то у детей-северян она равна $-5,73$ мВ, что значимо выше ($p = 0,001$) и превышает нормативные показатели более чем в четыре раза. Имеет место снижение энергозатрат в лобных отделах относительно других участков мозга у детей 9–10 лет, проживающих в северных климатических условиях. Выявленное у детей-северян уменьшение энергозатрат в лобных отделах относительно других участков мозга позволяет сделать вывод об относительной незрелости лобных структур головного мозга детей 9–10 лет, проживающих в условиях Крайнего Севера.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют об особых темпах возрастного формирования биоэлектрической активности при более высоких энергозатратах головного мозга в целом и снижении энергозатрат в лобных отделах относительно других участков у детей-северян 9–10 лет по сравнению с их сверстниками из центральных регионов России. Данный факт можно рассматривать как более ранний этап формирования ЦНС, т. е. характерный для детей более младшего возраста, на фоне функционального напряжения ЦНС, связанного с воздействием неблагоприятных климатоэкологических условий проживания, а также недостаточности адаптационных возможностей организма в критический возрастной период. Выявленные особенности функционального состояния мозга детей-северян, в свою очередь, необходимо учитывать при организации образовательной среды учащихся в условиях Крайнего Севера в целях профилактики возникновения школьных трудностей и снижения функциональных возможностей организма.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на 2014 год Северному (Арктическому) федеральному университету им. М. В. Ломоносова (№ 4.2792.2014).

Список литературы

1. Безруких М. М., Мачинская Р. И., Фарбер Д. А. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 6. С. 10–24.
2. Вильдавский В. Ю. Спектральные компоненты ЭЭГ и их функциональная роль в системной организации пространственно-гностической деятельности детей школьного возраста : дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1996. 209 с.

3. Горбачевская Н. Л. Особенности формирования ЭЭГ у детей в норме и при разных типах общих (первизивных) расстройств развития : дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 2000. 261 с.

4. Грибанов А. В., Депутат И. С. Распределение уровня постоянных потенциалов головного мозга у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью при различном уровне интеллекта // Вестник Поморского университета. Серия «Естественные и точные науки». 2008. № 1. С. 4–9.

5. Джос Ю. С., Депутат И. С., Рысина Н. Н. Исследование нейропсихологических и социальных факторов у детей младшего школьного возраста с трудностями обучения и расстройствами поведения // Экология человека. 2011. № 7. С. 38–47.

6. Добродеева Л. К., Щеголева Л. С., Сенькова Л. В. Взаимосвязи в системе иммунитета // Медицинская иммунология. 2000. Т. 2, № 2. С. 127.

7. Королева Н. В., Колесников С. И., Воробьев С. В. Электроэнцефалографический атлас эпилепсий и эпилептических синдромов у детей. М. : Литтерра, 2011. 256 с.

8. Королева Н. В., Колесников С. И., Долгих В. В. Динамика электроэнцефалографических показателей у детей с различными типами ЭЭГ // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2007. Т. 2, № 54. С. 49–51.

9. Кубасов Р. В., Демин Д. Б., Тарасова Е. В., Ткачев А. В. Становление системы гипофиз – щитовидная железа – гонады в пубертатном периоде у мальчиков Архангельска // Российский физиологический журнал имени И. М. Сеченова. 2005. № 4. С. 400.

10. Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / под ред. Е. Р. Бойко. Сыктывкар ; СПб. : Политехника-сервис, 2009. 264 с.

11. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д. А. Фарбер, М. М. Безруких. М. : Изд-во Московского психолого-социального института ; Воронеж : Изд-во НПО «МОДЕК», 2009. 432 с.

12. Фефилов А. В. Возрастные особенности частотно-специфических характеристик ЭЭГ : дис. ... канд. психол. наук. Москва, 2003. 206 с.

13. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В. Энергетическая физиология мозга. М. : Антидор, 2003. 288 с.

14. Хаснулин В. И., Хаснулина А. В. Психоэмоциональный стресс и метеореакция как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на Севере России // Экология человека. 2012. № 8. С. 3–7.

15. Цехмистренко Т. А., Васильева В. А. Структурные преобразования ассоциативных зон коры больших полушарий как морфологическая основа формирования когнитивных функций мозга человека от рождения до 20 лет // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 5. С. 41–48.

16. Brown T. T., Jernigan T. L. Brain Development During the Preschool Years // Neuropsychol Rev. 2012. Vol. 22, N 4. P. 313–333.

References

1. Bezrukikh M. M., Machinskaya R. I., Farber D. A. Structural and functional organization of the developing brain and the formation of cognitive activity in the ontogenesis of the child. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2009, 35 (6), pp. 10–24. [in Russian]

2. Wildavsky V. Yu. *Spektral'nye komponenty EEG i ikh funktsional'naya rol' v sistemnoy organizatsii prostranstvenno-gnosticheskoy deyatel'nosti detey shkol'nogo vozrasta. Dis. kand. biol. nauk.* [EEG spectral components and their functional role in system organization

of space-gnostic activities of schoolchildren. Cand. Diss.]. Moscow, 1996, 209 p.

3. Gorbachevskaya N. L. *Osobennosti formirovaniya EEG u detey v norme i pri raznykh tipakh obshchikh (pervazivnykh) rasstroystv razvitiya. Dokt. Diss.* [Features of EEG formation in healthy children and in children with various types of general (pervasive) developmental disorders. Doct. Diss.]. Moscow, 2000, 261 p.

4. Gribanov A. V., Deputat I. S. Level distribution of permanent brain potentials in children with attention deficit hyperactivity disorder, and at different levels of intelligence. *Vestnik Severnoro (Arkticheskogo) federalnogo universiteta. Seriya "Mediko-biologicheskie nauki"* [Bulletin of Northern (Arctic) Federal University. Series "Medical and Biological Sciences"]. 2008, 1, pp. 4–9. [in Russian]

5. Dzhos Yu. S., Deputat I. S., Rysina N. N. Study of neuropsychological and social factors in primary school children with learning disabilities and behavior disorders. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 7, pp. 38–47. [in Russian]

6. Dobrodeeva L. K., Shchegoleva L. S., Sen'kova L. V. Relationship in the immune system. *Meditsinskaya immunologiya* [Medical Immunology]. 2000, 2 (2) p. 127–129. [in Russian]

7. Koroleva N. V., Kolesnikov S. I., Vorob'ev S. V. *Elektroentsefalograficheskiy atlas epilepsii i epilepticheskikh sindromov u detey* [Electroencephalographic atlas of epilepsies and epileptic syndromes in children]. Moscow, 2011, 256 p.

8. Koroleva N. V., Kolesnikov S. I., Dolgikh V. V. Dynamics of electroencephalographic parameters in children with different types of EEG. *Byulleten' VSNTS SO RAMN* [Bulletin ESSC SB RAMS]. 2007, 2 (54), pp. 49–51. [in Russian]

9. Kubasov R. V., Demin D. B., Tipisova E. V., Tkachev A. V. Formation of the system of pituitary-thyroid-gonad in boys during puberty living in Arkhangelsk. *Rossiiskii fiziologicheskii zurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaia akademiia nauk* [Russian Sechenov Physiological Journal / Russian Academy of Sciences]. 2005, 4, p. 400. [in Russian]

10. *Problemy adaptatsii cheloveka k ekologicheskim i sotsial'nym usloviyam Severa* [Problems of human adaptation to environmental and social conditions of the North], eds. E. R. Boyko, Syktyvkar, Saint Petersburg, 2009, 264 p.

11. *Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noi deyatel'nosti rebenka* [The brain development and formation of child cognitive activity], ed. D. A. Farber, M. M. Bezrukikh. Moscow, 2009, 432 p.

12. Fefilov A. V. *Vozrastnye osobennosti chastotno-spetsificheskikh kharakteristik EEG. Kand. Diss.* [Age features of frequency-specific EEG characteristics. Cand. Diss.]. Moscow, 2003, 206 p.

13. Fokin V. F., Ponomareva N. V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy physiology of the brain]. Moscow, 2003, 288 p.

14. Khasnulin V. I., Khasnulina A. V. Psycho-emotional stress and meteorereaction as systemic manifestations of human dysadaptation in climate change in the North of Russia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 8, pp. 3–7. [in Russian]

15. Tsehmistrenko T. A., Vassilieva V. A structural transformations of associative areas of the cerebral cortex as the morphological basis of cognitive functions of the human brain from birth to 20 years. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2001, 27 (5), pp. 41–48. [in Russian]

16. Brown T. T., Jernigan T. L. Brain Development During the Preschool Years. *Neuropsychol. Rev.* 2012, 22 (4), pp. 313–333.

PECULIARITIES OF EEG AND DC-POTENTIAL OF THE BRAIN IN NORTHERN SCHOOLCHILDREN**Yu. S. Dzhos, A. N. Nekhoroshkova, A. V. Griбанov***Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia*

The article has presented the results of a study of the brain bioelectrical activity and cerebral energy exchange in 60 northern children aged 9-10 years (30 boys and 30 girls). Functional state of the central nervous system was assessed with use of electroencephalography and the method of the DC-potential recording. The results indicated that age development of the northern schoolchildren occurred in connection with adaptation to a complex of severe factors of the North and was characterized by lower frequency of alpha-rhythms and a higher level of theta - and delta-activities, especially in the frontal areas. It was accompanied by higher energy

consumption of the brain in general and reduction of energy consumption in the frontal areas of the northern children compared to their peers in the central regions of Russia. These facts indicated relative immaturity of the brain and manifestations of functional stress associated with impact of adverse climatic and environmental conditions of the North on the children.

Keywords: children, the North, electroencephalography, energy state of the brain, DC-potential of the brain

Контактная информация:

Джос Юлия Сергеевна – кандидат медицинских наук, доцент, зам. директора по научной работе института медико-биологических исследований ФГОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3
E-mail: imbi@narfu.ru; u.jos@narfu.ru