

УДК 612.812.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ КОГНИТИВНОГО ВЫЗВАННОГО ПОТЕНЦИАЛА P300 У МОЛОДЫХ ЛИЦ ПРИПОЛЯРНОГО И ЗАПОЛЯРНОГО РАЙОНОВ СЕВЕРА

Кривоногова Е.В., Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б.

*ФГБУН «Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН»,
Архангельск, e-mail: elena200280@mail.ru*

В исследовании участвовали практически здоровые молодые лица в возрасте 15-17 лет, проживающие в приполярном и заполярном районах Севера. Проводили оценку амплитудно-временных параметров когнитивного вызванного потенциала P300 в ситуации случайно возникающего события (oddball парадигма). Усредненные по всем отведениям амплитудно-временные параметры когнитивного вызванного потенциала P300 значимо не различались у молодых лиц, проживающих в приполярном и заполярном районах Севера. У 25–30% обследуемых отмечается межполушарная асимметрия по данным сопоставления индивидуальных величин амплитуды и латентного периода P300, зарегистрированных в симметричных точках левого и правого полушария мозга. У молодых лиц приполярного района отмечается межполушарная асимметрия с более коротким латентным временем P300 в височной области правого полушария. У молодых лиц заполярного района латентное время P300 значимо ниже в лобно-центральной и височной области, что необходимо для эффективной реализации когнитивных функций в условиях высоких широт по сравнению с более комфортными условиями проживания. Правосторонняя амплитудная асимметрия с более выраженной амплитудой P300 в передневисочном и теменном отделах головного мозга выявлена у молодых лиц приполярного района, и в лобно-центральном отделе – у молодых лиц заполярного района. Левосторонняя амплитудная асимметрия с более высокой амплитудой в лобно-центральном отделе наблюдается у молодых людей приполярного района и в височном отделе – у молодых лиц заполярного района.

Ключевые слова: когнитивный вызванный потенциал P300, молодые люди, Север

COMPARATIVE ANALYSIS OF AMPLITUDE AND TEMPORAL PARAMETERS OF COGNITIVE EVOKED POTENTIAL P300 IN YOUNG PEOPLE LIVING IN SUBPOLAR AND POLAR NORTH AREAS

Krivanogova E.V., Poskotinova L.V., Demin D.B.

The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch, Archangelsk, e-mail: elena200280@mail.ru

A healthy young people aged 15–17 years living in the Subpolar and Polar northern regions are examined. The amplitude and temporary parameters of cognitive evoked potential P300 in a situation arises accidentally events (oddball paradigm) were estimated. Averaged over all brain parts amplitude and temporary parameters of cognitive evoked potentials P300 were not significantly different in young people living in the Subpolar and Polar northern regions. 25–30% of persons had hemispheric asymmetry according to comparison of individual values of the amplitude and latency of P300 recorded at symmetrical points of the left and right brain hemispheres. There observed hemispheric asymmetry with a shorter latent period of P300 in the temporal brain part of the right hemisphere in persons living in Subpolar region. A latency time of P300 was significantly lower in the frontal, central and temporal regions in persons living in Polar region. It need for effective implementation of cognitive functions at high latitudes compared to more comfortable living conditions. Right-sided amplitude asymmetry with greater amplitude of P300 in anterior temporal and parietal brain parts was identified in persons of the Subpolar region and in the frontal, central brain parts in persons of Polar region. Left-sided amplitude asymmetry with higher amplitude in the frontal and central brain parts in young people of the Subpolar region and in the temporal brain part in young people of the Polar region.

Keywords: cognitive P300 evoked potential, young people, North

Изучение регуляторных систем человека на Севере остается актуальным, особенно в настоящее время, когда для страны является стратегической необходимостью поддерживать сотрудничество стран в рамках циркумполярного региона. В литературе имеются сравнительные исследования адаптивных реакций коренного населения и мигрантов на Севере [9, 11, 12]. Однако сохраняется высокая значимость неоднородности распределения факторов дискомфорта климата на Европейском Севере [3]. Поэтому остается актуальным рассмотрение уровня реактивности регуляторных

систем организма человека в зависимости от климато-географических, широтных факторов его проживания на Севере [5]. Адаптация к условиям внешней среды затрагивает регуляторные механизмы центральной нервной системы, что отражается на эмоциональной сфере, памяти, направленном внимании, восприятии и обработке информации. Когнитивный вызванный потенциал P300 является индикатором биоэлектрических процессов, связанных с механизмами восприятия внешней информации, и ее обработки [4]. Данный показатель отражает неспецифическую активацию

мозга, связанную с интеграцией когнитивных, эмоциональных и волевых процессов. Согласно теории функциональных систем П.К. Анохина, принципа доминанты Ухтомского и функциональных блоков мозга А.Р. Лурия, для оптимальной деятельности мозга при восприятии и обработке информации необходимо взаимодействие разных уровней корково-подкорковых структур мозга. В генерации и модуляции когнитивного вызванного потенциала P300 участвуют гиппокамп, таламус, нижняя теменная доля, верхневисочная извилина, лобные доли, нейромедиаторная система [4]. В возрасте 15–17 лет продолжается тонкая дифференцировка нервных клеток, миелинизация волокон, усложнение фиброархитектоники коры мозга, формирование более сложных внутрикорковых связей и связей с соседними полями [13]. Таким образом, **целью данной работы** является оценка амплитудно-временных характеристик когнитивного вызванного потенциала P300 у молодых лиц, проживающих в различных климато-географических условиях Севера.

Материалы и методы исследования

В обследовании участвовали практически здоровые молодые лица в возрасте 15–17 лет, проживающие в приполярном ($n = 37$) и заполярном ($n = 47$) районе Севера. Доли лиц мужского и женского пола, а также средний возраст обследованных в изучаемых районах были статистически одинаковыми. Приполярный район Севера рассматривали на примере города Архангельска – $64^{\circ} 30' \text{ с.ш.}$, а заполярный район – поселков Ненецкого автономного округа – $66\text{--}67^{\circ} 40\text{--}45' \text{ с.ш.}$ Исследования проводили с одобрения этического комитета ИФПА УрО РАН. Были получены информированные согласия от родителей обследуемых и одобренные детьми.

Нейрофизиологическое обследование проводилось по стандартной методике оценки когнитивных вызванных потенциалов P300 [4] на электроэнцефалографе «Энцефалан» (Медиком, Таганрог). Использована модель ситуации случайно возникающего события (oddball парадигма) в ответ на слуховую невербальную стимуляцию с заданными условиями бинауральной стимуляции: длительность стимула – 50 мс, интенсивность – 80 дБ, период между стимулами 1 с, частота тона 2 000 Гц с 25% встречаемости значимого стимула, 1 000 Гц с 75% встречаемости незначимого стимула. За P300 принимался максимальный позитивный компонент с латентностью 250–500 мс. В литературе отмечается, что наибольшая выраженность когнитивного вызванного потенциала P300 в лобно-центрально-теменной области мозга [4]. Вследствие этого количественному анализу подвергались изменения P300 в лобных (F3, F4), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), височных (F7, F8, T3, T4) отведениях обоих полушарий головного мозга.

Оценивали амплитудно-временные параметры сигнала (амплитуду от пика до пика N250-P300 и латентность), особенности его пространственной организации. Вычисляли латентный период компонента P300 как латентный период пика P300 в мс, ампли-

туду P300 как межпиковую амплитуду N2-P3 в мкВ. Для обработки полученных результатов использовали пакеты программ базовой статистики Statistica 6.0. Сравнение значений показателей проводилось с помощью непараметрических критериев: для независимых групп использовали критерий Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный нами сравнительный анализ усредненных значений по всем отведениям головного мозга временных и амплитудных параметров слухового когнитивного потенциала P300 у молодых лиц в зависимости от места проживания не выявил значимых различий.

Сопоставление индивидуальных величин латентного периода P300, зарегистрированных в симметричных точках фронтальной, теменной, височной областях обоих полушарий, показало, что у 30% обследуемых в приполярном районе и у 25% обследуемых в заполярном районе отмечается межполушарная асимметрия; при этом наиболее короткий латентный период позднего компонента P300 выявлен в правом полушарии головного мозга. Так, латентный период P300 у молодых лиц приполярного района значимо ниже в передневисочном F8 ($p = 0,02$), средневисочном T4 ($p = 0,02$) отделах правого полушария по сравнению в симметричных точках левого полушария (рис. 1).

В заполярном районе латентный период P300 значимо ниже в лобном отделе F4 ($p = 0,016$), в центральном C4 ($p = 0,03$) и в средневисочном отделе T4 ($p = 0,04$) справа, чем время латентного периода P300 в симметричных отведениях левого полушария (рис. 2).

Таким образом, у 30% молодых лиц приполярного и 25% заполярного района при выборе значимого стимула в oddball тесте асимметрично формируется пик P300 в передних областях больших полушарий головного мозга. У молодых лиц в приполярном районе асимметрия латентного периода P300 больше выражена по височным отделам, а у молодых лиц заполярного района – в лобно-центральных и височных отделах головного мозга.

Учитывая выраженность межполушарных различий амплитуды потенциала P300 по всем отведениям, решено выделить I группу молодых лиц с доминированием амплитуды P300 в левом полушарии, II группу лиц с доминированием амплитуды P300 в правом полушарии мозга (таблица).

Так, в приполярном районе у обследуемых лиц встречаются оба варианта латерализации амплитуды P300: в I группе

($n = 11$) амплитуда P300 в левом полушарии достоверно выше в отведении F3, $p = 0,04$ и в отведении C3, $p = 0,03$ по сравнению с симметричными точками правого полушария. Во II группе ($n = 12$) амплитуда P300 значимо выше в правом полушарии в отведении F8, $p = 0,02$ и в P4, $p = 0,03$ по сравнению с симметричными точками левого полушария. В заполярном районе также выделены группы обследуемых по амплитудной латерализации. Так, в I группе ($n = 13$) амплитуда P300 достоверно выше в левом полушарии в точке F7, $p = 0,02$, во II группе ($n = 13$) амплитуда P300 значимо выше в правом полушарии в C4, $p = 0,03$, F4, $p = 0,04$. Таким образом, при формировании

когнитивного вызванного потенциала P300 наряду с симметричным распределением амплитуды и латентного времени P300 по поверхности головного мозга выявлена межполушарная асимметрия по латентному периоду и амплитуде P300 у молодых лиц приполярного и заполярного районов Севера. Неравноценный вклад правого и левого полушария мозга в формировании компонента P300 может быть обусловлен различиями в структурной и функциональной организации данных областей мозга. Латерализация функций головного мозга, как полагают, отражает эволюционные, наследственные факторы [1], возрастное развитие [10], условия среды проживания [8, 9, 11].

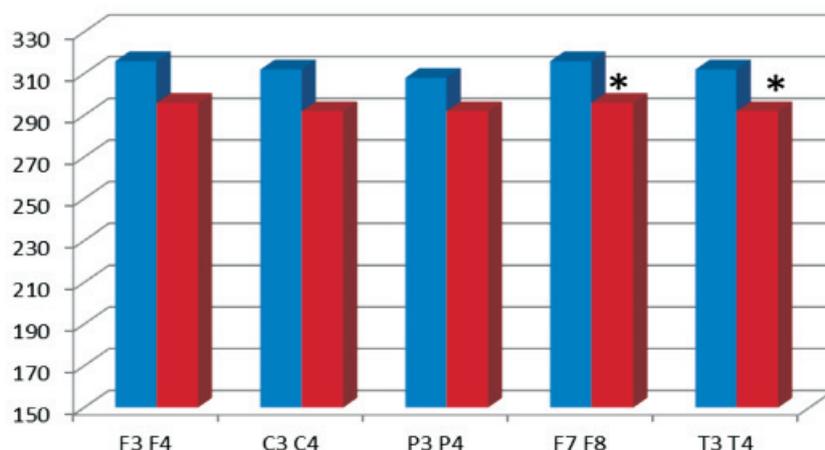


Рис. 1. Латентный период P300 (в мс) в областях правого и левого полушария мозга у молодых лиц приполярного района. Примечание: * – $p < 0,05$, уровень статистически значимых различий между симметричными отведениями правого и левого полушария головного мозга

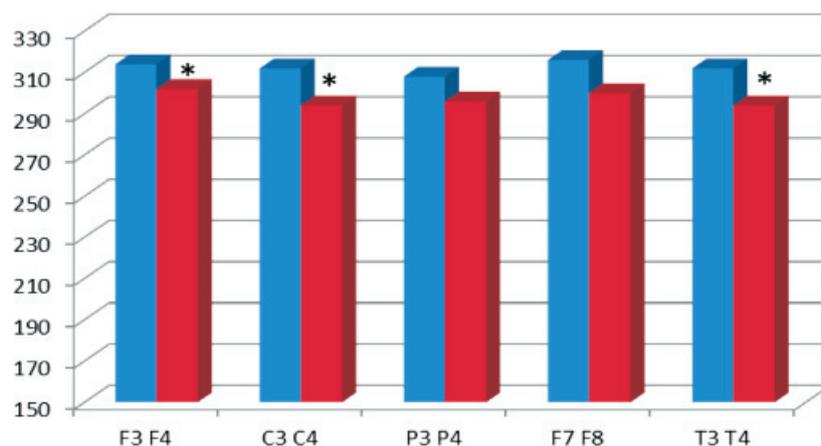


Рис. 2. Латентный период P300 (в мс) в областях правого и левого полушария у молодых лиц заполярного района. Примечание: * – $p < 0,05$, уровень статистически значимых различий между симметричными отведениями правого и левого полушария головного мозга

В литературе отмечается, что вызванный потенциал в правом полушарии опережает по времени в симметричных отделах левого полушария, и максимально выражен

в височных областях [7]. Исследования показали, что у коренных жителей Севера ведущим при обработке информации является правое полушарие головного мозга,

либо оба полушария равноценны [8]. Данная закономерность прослеживается и в нашей работе, то есть у молодых лиц приполярного и заполярного районов выявлена межполушарная асимметрия с более коротким латентным временем P300 в правом полушарии головного мозга. Распределение межполушарной асимметрии формирования сигнала в отдельных областях головного мозга у молодых лиц в зависимости от района было различным. У молодых лиц приполярного района наблюдается межполушарная асимметрия с более коротким латентным периодом P300 в височном отделе правого полушария, а у молодых лиц заполярного района асимметрия наиболее выражена в лобном, центральном и средневисочном отделах правого полушария. Обработка когнитивной и эмоциональной информации происходит в структурах медиальной префронтальной коры и паравентрикулярном ядре гипоталамуса, участвующем в нейроэндокринной и вегетативной регуляции [16], что необходимо для адап-

тации организма в изменяющихся условиях. Вероятно, для эффективной реализации когнитивных функций в условиях высоких широт (в заполярном районе) по сравнению с более комфортными условиями проживания требуется вовлечение большего объема морфо-функциональных структур головного мозга. Считается, что в основе межполушарных различий лежит способность левого полушария к восприятию вербальных стимулов, а правое полушарие связано непосредственно с восприятием, образным мышлением, пространственным анализом [7]. В Арктике традиционными видами деятельности считались рыболовство и оленеводство. При этом основное внимание человека направлено на пространственную ориентацию, что связано с активностью правого полушария. Полагают, что из поколения в поколение формируется и закрепляется тип полушарного доминирования, который обеспечивает оптимальное функционирование организма к условиям данной среды [2].

Амплитуда (в мкВ) когнитивного вызванного потенциала P300 у молодых лиц

Показатели	Приполярный район		Заполярный район	
	I группа (n = 11) Me (25; 75)	II группа (n = 12) Me (25; 75)	I группа (n = 13) Me (25; 75)	II группа (n = 13) Me (25; 75)
F3	12,45 (9,2; 13,2)*	16,7 (10,5; 21)	16,1 (11,1; 19,3)	8,3 (8,1; 15,2)
F4	9,5 (7,6; 12,7)	22,4 (14,8; 29,3)	12,2 (6,6; 15,7)	13,7 (11; 16,2)*
C3	10 (7; 16,6)*	16,1 (10,7; 18,7)	11,5 (8,2; 15,4)	8 (7,4; 11,9)
C4	7,4 (4,8; 9,7)	20,6 (14,2; 24,8)	9,8 (4,8; 12,4)	12,3 (9,4; 13)*
P3	8,75 (5,7; 12,8)	10,2 (5,9; 14,4)	11,2 (8,7; 14,2)	6,8 (4,9; 10,8)
P4	6,5 (4,7; 14)	15,3 (11,4; 19,5)*	8,7 (6,4; 9,4)	7,9 (6,2; 12,3)
F7	6,2 (5,6; 11,7)	11,8 (7,7; 13,4)	10,8 (9,4; 11,3)*	7,2 (5,6; 9,7)
F8	6,1 (5,1; 8)	16,5 (11,1; 18,1)*	6,3 (5,6; 8,8)	8,9 (7,5; 12,4)
T3	9,11 (4,7; 12,5)	10,6 (8,5; 15,1)	8,7 (5,6; 12,8)	7,3 (6,5; 11,6)
T4	7,05 (5,7; 8,9)	14,6 (11,6; 20,5)	6,9 (4,6; 8,7)	9,6 (7,5; 12,6)

Примечание: * – $p < 0,05$, уровень статистически значимых различий между симметричными отведениями правого и левого полушария головного мозга.

Амплитуду P300 большинство исследователей рассматривают как отражение активности различных нейронных популяций мозга, привлеченных к обработке стимула [4, 15]. По данным литературы, амплитуда P300 представляет собой весьма чувствительный показатель, дисперсия которого зависит от генетических [1], средовых факторов, эмоционального состояния, уровня тревожности [6], сложности задачи [7], патологических состояний [4]. При выборе значимого стимула в парадигме oddball у молодых лиц приполярного района отмечается повышение амплитуды P300 в височном и теменном отделе правого полушария мозга. Правые теменные области во взаимосвязи с правой поясной извилиной уча-

ствуют в решении пространственных задач [14]. У молодых лиц заполярного района правополушарная амплитудная асимметрия значимо выражена в лобно-центральных отделах правого полушария. У лиц заполярного района с левополушарным типом реагирования значимо повышается амплитуда P300 в височных отделах, а у молодых лиц приполярного района – в лобно-центральных отделах мозга. Полученное распределение амплитуды P300 в левом и правом полушарии мозга свидетельствует о разных нейрогенных механизмах обработки информации у жителей Севера в зависимости от их места проживания. У молодых лиц заполярного района с правополушарным типом реагирования при обработке информации

вовлекается большее количество нейронов и структур головного мозга. На Севере доминирование правого полушария связано с адаптивными перестройками в организме человека [8, 9, 11]. Экспериментальные данные [17] свидетельствуют о правосторонней специализации головного мозга в процессе адаптации организма, что связано с активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Люди, приезжающие на Север, имеют более выраженные адаптивные возможности, если у них исходно выражен левый или симметричный профиль функциональной асимметрии мозга [11]. В процессе адаптации в климатических условиях Севера повышается функциональная активность правого полушария мозга для обеспечения гомеостаза, что может вызвать перенапряжение регуляторных систем [11]. У людей с левым и симметричным профилями нейрональная активность выражена в равной степени как в левом, так и в правом полушариях мозга, поэтому в экстремальных условиях не возникает срыва центральных механизмов регуляции [9]. Таким образом, проживание в различных климато-географических районах жителей Севера способствует формированию у них разных вариантов межполушарного реагирования, отражающие интеграционные процессы центральной нервной системы для реализации когнитивных функций и адаптационных перестроек в организме человека.

Выводы

1. При выполнении задания на отбор значимого стимула в парадигме oddball у молодых лиц, проживающих в приполярном и заполярном районе Севера, усредненные по всем отведениям амплитудно-временные параметры когнитивного вызванного потенциала P300 значимо не различались.

2. У 30% молодых лиц приполярного района при формировании когнитивного вызванного потенциала отмечается межполушарная асимметрия с более коротким латентным временем P300 в височной области F8, T4 правого полушария. У 25% молодых лиц заполярного района латентное время P300 значимо ниже в лобно-центральной (F4, C4) и височной области (F8), что свидетельствует о большем вовлечении структур головного мозга, необходимых для достижения согласованного восприятия и обработки информации.

3. Выявлены разные варианты межполушарной амплитудной асимметрии когнитивного вызванного потенциала P300, отражающие разную стратегию адаптационных перестроек. Правосторонняя амплитудная

асимметрия с более выраженной амплитудой P300 в передневисочном (F8) и теменном (P4) отделе головного мозга выявлена у молодых лиц приполярного района, и в лобно-центральной области (F4, C4) – у молодых лиц заполярного района. Левосторонняя амплитудная асимметрия с более высокой амплитудой в лобно-центральной (F3, C3) отделе наблюдается у молодых людей приполярного района и в височной области (F7) – у молодых лиц заполярного района.

Работа поддержана грантом Президиума УрО РАН № 12-У-4-1019.

Список литературы

1. Алфимова М.В., Голимбет В.Е. Гены и нейрофизиологические показатели когнитивных процессов: обзор исследований // Журнал высшей нервной деятельности. – 2011. – Т. 61, № 4. – С. 389–401.
2. Аршавский В.В. Межполушарная асимметрия как фактор адаптации человека в условиях Севера // Физиология человека. – 1989. – Т. 15, № 5. – С. 142–145.
3. Васильев Л.Ю. Климатическое районирование Архангельской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – СПб., 2006. – 20 с.
4. Гнездицкий В.В., Корепина О.С. Атлас по вызванным потенциалам мозга. – Иваново: «ПрессСтво», 2011. – 532 с.
5. Добродеева Л.К. Эколого-физиологические подходы в решении вопросов районирования северных территорий // Экология человека. – 2010. – № 10. – С. 3–11.
6. Кожевникова И.С., Джос Ю.С. Когнитивные вызванные потенциалы у детей с высоким уровнем тревожности // Экология человека. – 2011. – № 5. – С. 49–54.
7. Костандов Э.А. Психофизиология сознания и бессознательного. – СПб.: Питер, 2004. – 167 с.
8. Кривошеков С.Г., Леутин В.П., Чухрова М.Г. Психофизиологические аспекты незавершенных адаптаций. – Новосибирск: СО РАМН, 1998. – 100 с.
9. Леутин В.П., Николаева Е.И., Фомина Е.В. Асимметрия мозга и адаптация человека // Асимметрия. – 2007. – № 1. – С. 71–73.
10. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: МОДЭК, 2009. – 432 с.
11. Руководство по функциональной межполушарной асимметрии / под ред. В.Ф. Фокин, И.Н. Боголепова, Б. Гутник, В.И. Кобрин, В.В. Шульговский. – М.: Научный мир, 2009. – 836 с.
12. Функциональные асимметрии организма и приспособляемость человека к жизни и работе в Заполярье / В.И. Хаснулин, Ю.М. Степанов, В.И. Шестаков, Г.А. Скосырева // Региональные особенности здоровья жителей Заполярья. – Новосибирск: Изд-во СО АМН, 1983. – С. 62–67.
13. Хомская Е.Д. Нейропсихология. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.
14. Lateralized Cognitive Processes and Lateralized Task Control in the Human Brain / K.E. Stephan, J.C. Marshall, K.J. Friston, J.B. Rowe, A. Ritzl, K. Zilles, G.R. Fink // Science. – 2003. – Vol. 301, № 5631. – P. 384–386.
15. P300 Topography of Amplitude/Latency Correlations / John Polich, Joel E. Alexander, Lance O. Bauer, Samuel Kuperman and et al // Brain Topography. – 1997. – Vol. 9, № 4. – P. 275–282.
16. Radley J.J., Arias C.M., Sawchenko P.E. Regional Differentiation of the Medial Prefrontal Cortex in Regulating Adap-

tive Responses to Acute Emotional Stress // *The Journal of Neuroscience*. – 2006. – № 26(50). – P. 12967–12976.

17. Sullivan E.M., Gratton A. Lateralized effects of medial prefrontal cortex lesions on neuroendocrine and autonomic stress responses in rats // *J Neurosci*. – 1999. – 19(7). – P. 2834–2840.

18. Toga A.W., Thompson P.M. Mapping brain asymmetry // *Nat Rev Neurosci*. – 2003. – № 4. – P. 37–48.

References

1. Alfimova M.V., Golimbet V.Ye. Geny i neyrofiziologicheskiye pokazateli kognitivnykh protsessov : obzor issledovaniy // *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti*. 2011. Tom 61, no. 4. pp. 389–401.

2. Arshavskiy V.V. Mezhpolusharnaya asimetriya kak faktor adaptatsii cheloveka v usloviyakh Severa // *Fiziologiya cheloveka*. 1989. T.15, no. 5. pp. 142–145.

3. Vasil'yev L.YU. Klimaticheskoye rayonirovaniye Arkhangel'skoy oblasti . Avtoref . dis . kand.geogr.nauk. Sankt-Peterburg , 2006. 20 p.

4. Gnezditskiy V.V., Korepina O.S. Atlas po vyzvannym potentsialam mozga. Ivanovo: «PressSto» 2011. 532 p.

5. Dobrodeyeva L.K. Ekologo fiziologicheskiye podkhody v reshenii voprosov rayonirovaniya severnykh territoriy // *Ekologiya cheloveka*. 2010. no. 10. pp. 3–11.

6. Kozhevnikova I.S., Dzhos YU.S. Kognitivnyye vyzvannyye potentsialy u detey s vysokim urovnem trevozhnosti // *Ekologiya cheloveka*. 2011. no. 5. pp. 49–54.

7. Kostandov E.A. Psikhofiziologiya soznaniya i bessoznatel'nogo. Sankt Peterburg Piter, 2004. 167 p.

8. Krivoshchekov S.G., Leutin V.P., Chukhrova M.G. Psikhofiziologicheskiye aspekty nezavershennykh adaptatsiy. Novosibirsk: SO RAMN, 1998. 100 p.

9. Leutin V.P., Nikolayeva Ye.I., Fomina Ye.V. Asimetriya mozga i adaptatsiya cheloveka // *Asimetriya*. 2007. no. 1. pp. 71–73.

10. Razvitiye mozga i formirovaniye poznavatel'noy deyatel'nosti rebenka / Pod red. D.A. Farber, M.M. Bezrukikh. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo psikhologo sotsial'nogo instituta; Voronezh: «MODEK», 2009. 432 p.

11. *Rukovodstvo po funktsional'noy mezhpolusharnoy asimetrii* / Red. V.F. Fokin, I.N. Bogolepova, B. Gutnik, V.I. Kobrin, V.V. Shul'govskiy. M: Nauchnyy mir, 2009. 836 p.

12. Funktsional'nyye asimetrii organizma i prisposoblyayemost' cheloveka k zhizni i rabote v Zapolyar'ye / V.I. Khasnulin, YU.M. Stepanov, V.I. Shestakov, G.A. Skosyreva // *Regional'nyye osobennosti zdorov'ya zhiteley Zapolyar'ya*. Novosibirsk: Izd vo SO AMN, 1983. pp. 62–67.

13. Khomskaya Ye. D. *Neyropsikhologiya: 4-ye izdaniye*. SPb: Piter, 2005. 496 p.

14. Lateralized Cognitive Processes and Lateralized Task Control in the Human Brain / K.E. Stephan, J.C. Marshall, K.J. Friston, J.B. Rowe, A. Ritzl, K. Zilles, G.R. Fink // *Science*. 2003. Vol. 301, no. 5631. pp. 384–386.

15. P300 Topography of Amplitude/Latency Correlations / John Polich., Joel E.Alexander', Lance O. Bauer, Samuel Kuperman and et al // *Brain Topography*. 1997. Vol. 9. no. 4. pp. 275–282.

16. Radley J.J., Arias C.M., Sawchenko P.E. Regional Differentiation of the Medial Prefrontal Cortex in Regulating Adaptive Responses to Acute Emotional Stress // *The Journal of Neuroscience*. 2006, 26(50). pp. 12967–12976.

17. Sullivan E.M., Gratton A. Lateralized effects of medial prefrontal cortex lesions on neuroendocrine and autonomic stress responses in rats // *J Neurosci*. 1999. 19(7). pp. 2834–2840.

18. Toga A.W., Thompson P.M. Mapping brain asymmetry // *Nat Rev Neurosci*. 2003. no. 4. pp. 37–48.

Рецензенты:

Грибанов А.В., д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, директор Института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск;

Белякова Н.А., д.б.н., профессор, заведующая кафедрой медицинской биологии и генетики, ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г. Архангельск.

Работа поступила в редакцию 16.12.2013.