

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАМЕНТА, НЕЙРОЭНЕРГОМЕТАБОЛИЗМА
И УРОВНЯ АКТИВАЦИИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА
НА ПСИХИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ**

И.В. Хабарова, Н.С. Бедерева*, С.Н. Шилов**

*Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева (г. Красноярск)

Представлены результаты исследования интенсивности энергетического метаболизма и уровня активационных влияний на кору головного мозга младших школьников. Обследовано 149 детей с нормой ($n = 69$) и задержкой ($n = 80$) психического развития. Выделены типы темперамента младших школьников по индексу выраженности поведенческих проявлений: у детей с нормой развития преобладали средние значения данного индекса, что соответствует адекватному типу темперамента, у детей с задержкой психического развития чаще определялись высокие значения – интенсивный тип. Выявлены отличия в протекании мозговых процессов у школьников с различными темпераментальными особенностями. У детей с нормой развития и адекватным типом темперамента отмечены оптимальные показатели интенсивности энергетического метаболизма и II уровень активации коры головного мозга; у «интенсивных» чаще определялись высокая интенсивность нейроэнергометаболизма и III уровень активации; у «спокойных» преобладали высокий уровень активации левого полушария мозга и снижение интенсивности нейроэнергообмена. Младшие школьники с задержкой психического развития, имеющие спокойный тип темперамента, характеризовались асимметричной активацией полушарий головного мозга с преобладанием активности правого полушария и низкой интенсивностью энергетического метаболизма коры головного мозга; у «адекватных» чаще отмечались средняя интенсивность энергетического метаболизма и II уровень активации с преобладанием симметричной активности правого и левого полушарий; у детей с интенсивным типом темперамента – высокие значения интенсивности нейроэнергообмена и уровня активационных влияний на кору головного мозга с преобладанием активности правого полушария. Показана роль некоторых психофизиологических механизмов в обеспечении психического развития детей младшего школьного возраста.

Ключевые слова: *омега-потенциал, устойчивый постоянный потенциал, темперамент младших школьников, активационные процессы мозга, нейроэнергообмен.*

Ответственный за переписку: Бедерева Наталья Сергеевна, адрес: 660060, Россия, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, д. 89; e-mail: bedereva@mail.ru

Для цитирования: Хабарова И.В., Бедерева Н.С., Шилов С.Н. Влияние темперамента, нейроэнергометаболизма и уровня активации коры головного мозга на психическое развитие младших школьников // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 3. С. 43–55. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.43

Согласно международным исследованиям количество детей с ухудшающимся здоровьем, не справляющихся с программой обучения, с каждым годом увеличивается [1, 2]. По некоторым данным, около 50 % случаев неспособности освоить школьную программу приходится на неклинические формы несформированности у детей высших психических функций (ВПФ) [3–6]. Показано, что только около 1/3 младших школьников к моменту начала обучения имеют нормальное психическое развитие [7].

Как известно, основная роль в развитии способности к обучению принадлежит нервной системе, а именно коре и подкорковым структурам головного мозга, обеспечивающим психическую деятельность человека. В свою очередь, психическая деятельность человека в некоторой степени определяется свойствами темперамента, который участвует в обеспечении динамических и эмоциональных особенностей психических процессов и внешне проявляется в поведении человека [8]. Протекание психических процессов, характерных для адекватного уровня развития поведенческих и когнитивных функций, возможно только благодаря активному состоянию коры головного мозга (активное бодрствование), для которого типичен оптимальный уровень возбудимости [9–11] и энергетического обеспечения клеток мозга [12–14].

В связи с этим изучение механизмов формирования функциональных систем обеспечения ВПФ весьма актуально. Существуют работы по исследованию развития ВПФ у детей младшего школьного возраста при различных нозологиях [15–18]. Отмечается, что важную роль в нормальном развитии психических функций играет уровень активации коры головного мозга [19, 20]. При этом в своих исследованиях авторы используют различные методы регистрации мозговой активности [17–22]. Мы не встретили работ по изучению особенностей темперамента, активации и энергообеспечения клеток коры головного мозга у детей младшего школьного возраста с нормальным и задержанным психическим развитием, что и послужило предпосылкой для проведения данного исследования.

Материалы и методы. Исследования проводили на базе образовательных учреждений различного типа г. Красноярска, при этом не было существенных различий в организации образовательного процесса. В общей сложности было обследовано 149 детей младшего школьного возраста (средний возраст – $(8,6 \pm 0,6)$ лет) при информированном согласии родителей. Из них у 80 детей по заключению психолого-медико-педагогической комиссии с участием педагога, психолога, логопеда, дефектолога, невролога, психиатра была выявлена задержка психического развития (ЗПР), 69 школьников имели нормальное развитие. Все дети праворукие, не имеющие хронических соматических заболеваний, нарушений опорно-двигательного аппарата, с сохраненными зрением и слухом, без аутистической симптоматики. При интерпретации данных половые различия школьников не учитывали.

Известно, что одним из основных показателей психоэмоционального развития ребенка является темперамент как интегральная характеристика индивидуальных особенностей высшей нервной деятельности человека [23–27]. Для изучения типологических особенностей детей с нормальным развитием и с ЗПР использовали адаптированный русскоязычный вариант методики исследования черт темперамента – The Revised Dimensions of Temperament Survey (DOTS–R), разработанный А. Томасом и С. Чессом, в модификации Ю.И. Савченкова, Е.Ю. Петросян. Опросник включает 109 вопросов, на которые родителю требуется выбрать один из 7 вариантов ответов. Методика позволяет количественно оценить 9 черт темперамента у детей: активность, интенсивность, порог чувствительности, настроение, ритмичность, адаптивность, приближение–избегание, внимание–настойчивость, отвлекаемость. Для реализации задач нашего исследования рассчитывали индекс выраженности поведенческих проявлений (ИВПП), равный сумме значений общей активности, интенсивности, порога чувствительности и настроения. Это позволило разделить детей по типу темперамента (ВП-типу) на группы: «интенсивные» (Ин), «адекватные» (Ад)

и «спокойные» (Сп). Для интенсивного ВП-типа свойственна высокая степень выраженности моторного компонента в поведении, которое в большинстве случаев непредсказуемо, аритмично. Адекватный ВП-тип характеризуется средними темпом, частотой и степенью выраженности моторного компонента в поведении. К спокойному ВП-типу относятся дети с низкой моторной активностью, предсказуемостью и ритмичностью физиологических процессов, низкой интенсивностью реакций. Возможность точной количественной характеристики черт темперамента по этой методике позволяет показать наличие или отсутствие связи состояния организма не только со степенью проявления отдельно взятых черт темперамента, но и с их интегральным выражением [28].

Для регистрации, обработки и анализа уровня устойчивых постоянных потенциалов (УПП) головного мозга детей с нормальным развитием и с ЗПР применяли аппаратно-программный диагностический комплекс «Нейроэнергометр-05», разработанный в Институте мозга РАМН, Москва (сертификат соответствия № РОСС RU.АЯ46.В14602 от 11.01.2008) [12–14]. Метод позволяет производить оценку интенсивности нейроэнергообменных процессов головного мозга и его отдельных областей. Полученные характеристики распределения УПП сравнивали со среднестатистическими, нормативными значениями для определенных возрастных периодов, встроенными в программное обеспечение комплекса. Для данного исследования учитывали средние по 5 отведениям УПП, отражающие разность усредненных потенциалов головы и руки.

Нейроэнергометаболизм головного мозга зависит от того, насколько интенсивно его стимулируют восходящие активирующие влияния ретикулярной формации и таламуса. Этот уровень активации (УА) можно определить через параметры медленных электрических процессов головного мозга, которые являются косвенными маркерами функционального состояния центральной нервной системы человека [29]. Мы исследовали особенности УА лобного отдела коры голов-

ного мозга у детей с нормой развития и ЗПР, т. к. наиболее сложные интегративные процессы в коре большого мозга человека протекают при участии областей лобной коры. Известно, что лобным отделам коры головного мозга принадлежит ведущая роль в организации ВПФ мозга, включая когнитивную деятельность [30]. Для изучения интегрального параметра УА применяли метод омега-метрии. Регистрация омега-потенциала (ОП) в корковых проекциях лобного отдела коры головного мозга осуществлялась с помощью аппаратно-программного комплекса «Омега-тестер», разработанного в лаборатории медицинского приборостроения института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета. По зарегистрированным показателям левого и правого полушарий (каналы K_1 и K_2) после установления стабильных значений делали вывод об уровне ОП соответственно в левом и правом полушариях головного мозга. Выделяли 4 группы учащихся: I уровень – значения ОП от 0 до 20 мВ, II уровень – от 20 до 40 мВ, III уровень – от 40 до 60 мВ, IV уровень – асимметричные значения ОП [31].

Оценку значимости различий средних проводили при помощи параметрического t -критерия Стьюдента. Критерием значимости считали $p < 0,05$. С целью выявления различий в уровне исследуемого признака (оценка значимости отличий процентных долей) использовали метод углового преобразования Фишера (ϕ^*). Отличия считали значимыми при $\phi^* \geq 2,31$. Взаимосвязь интенсивности энергетического метаболизма и уровня активации коры головного мозга определяли путем проведения корреляционного анализа по методу Спирмена. Корреляции были значимы при $p < 0,05$. Статистическую обработку материалов и необходимую вычислительную работу осуществляли при помощи персонального компьютера IBM PC с использованием пакетов прикладных программ «Microsoft Office Excel 2010», «Statistica 6.0 Base for Windows».

Результаты. Исследование УПП коры головного мозга у младших школьников с нормальным и задержанным развитием психических

функций выявило различия в интенсивности энергетического метаболизма коры. На *рис. 1* видно, что у детей с ЗПР по сравнению с нормой развития определялось снижение нейро-энергообмена в среднем на 50 % во всех исследуемых областях.

У детей с нормальным развитием преобладал II УА, характеризующийся оптимальным уровнем активного бодрствования, высокой устойчивостью к утомлению под воздействием нагрузки, тогда как у детей с ЗПР выделено значимо большее количество школьников

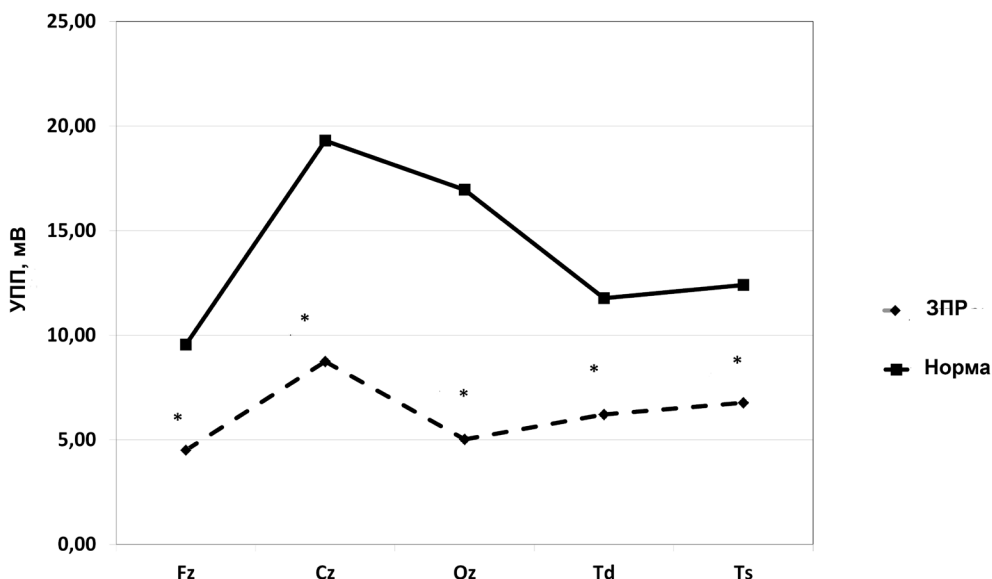


Рис. 1. Интенсивность энергетического метаболизма коры головного мозга у младших школьников (Fz – лобное, Cz – центральное, Oz – затылочное, Td, Ts – правое и левое височные отведения; * – значимые отличия по критерию Стьюдента, $p < 0,05$)

Изучение УА лобных отделов мозга в группах младших школьников с нормой развития и с ЗПР показало существенные отличия (*табл. 1*).

с низким УА (I), отличающимся снижением уровня активного бодрствования, быстрой утомляемостью. Из представленного видно, что для школьников с ЗПР больше характерна

Таблица 1

УРОВЕНЬ АКТИВАЦИИ ЛОБНОГО ОТДЕЛА КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПО ПАРАМЕТРАМ УСТОЙЧИВОГО (ОМЕГА-) ПОТЕНЦИАЛА У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ

Уровень активации	Дети с нормальным психическим развитием (n = 69)		Дети с ЗПР (n = 80)		Значимость различий $\phi^*_{эмн}$
	n	%	n	%	
I	3	4	23	29	4,551*
II	33	48	17	21	3,750*
III	9	13	21	26	2,205
IV	24	35	19	24	1,461

Примечание: * – значимые отличия по критерию Фишера, $\phi^*_{эмн} \geq 2,31$.

депрессия активационных влияний на кору мозга, а также имеет место экспрессия УА. Таким образом, адекватный УА, обеспечивающий оптимальное функционирование корковых структур, в меньшей степени характерен для детей с ЗПР, чем для школьников с нормальным развитием.

Взаимосвязь интенсивности энергетического метаболизма и уровня активационных влияний подтверждалась наличием значимых прямых корреляций (табл. 2).

Так, при депрессии УА выявлялось снижение интенсивности энергетического метаболиз-

ма, и, наоборот, при экспрессии активационных влияний интенсивность нейроэнергометаболизма возрастала (рис. 2).

Исследование особенностей темперамента младших школьников показало, что у детей с нормой развития преобладали средние значения поведенческих проявлений (40 чел. – 50 %), высокий и низкий ИВПП наблюдались у 19 чел. (28 %) и 10 чел. (14 %) соответственно. Иное распределение типов темперамента выявлено у детей с ЗПР: у 26 чел. (33 %) – спокойный тип темперамента, у 18 чел. (23 %) –

Таблица 2

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОМЕГА-МЕТРИИ И НЕЙРОЭНЕРГОКАРТИРОВАНИЯ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С НОРМАЛЬНЫМ ПСИХИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ($n = 69$)

Канал	Отведения					
	Fz	Cz	Oz	Td	Ts	X _{ср}
K ₁	0,311/ 0,0221	0,3115/ 0,0218	0,3023/ 0,0264	0,4004/ 0,0027	0,3964/ 0,003	0,4138/ 0,0019
K ₂	0,1346/ 0,3318	0,2974/ 0,029	0,2527/ 0,0652	0,1296/ 0,3503	0,0908/ 0,5136	0,2125/ 0,1228

Примечания: 1. Использован коэффициент корреляции Спирмена (в числителе – r , в знаменателе – p). Полужирным шрифтом выделены значимые корреляции, $p < 0,05$. 2. X_{ср} – средний уровень нейрометаболизма по всем областям.

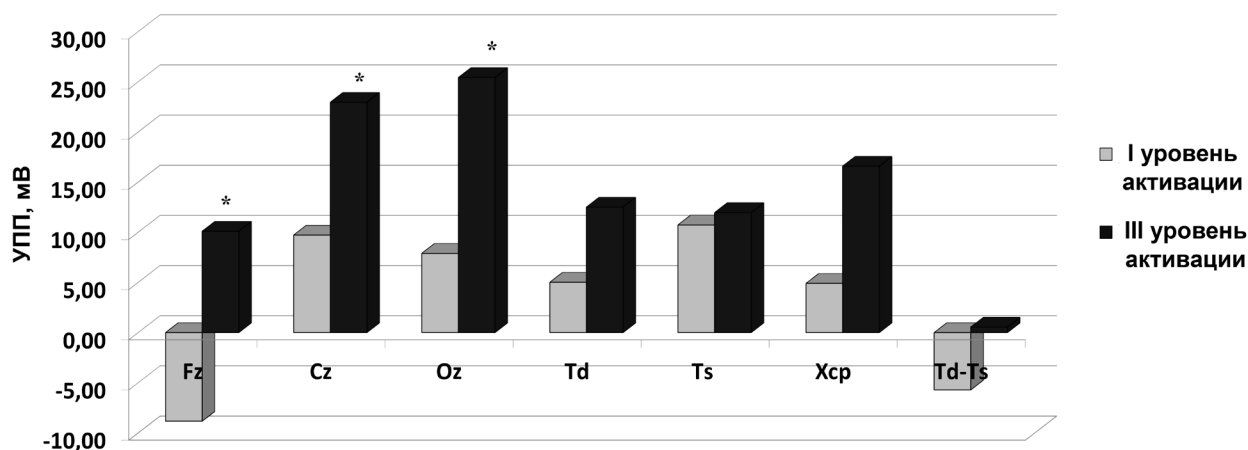


Рис. 2. Интенсивность энергетического метаболизма в исследуемых областях корковых проекций при I и III уровнях активационных влияний у младших школьников с нормальным психическим развитием (Td-Ts – межполушарная асимметрия энергетического метаболизма; * – значимые отличия по критерию Стьюдента, $p < 0,05$)

адекватный и у 36 чел. (44 %) – интенсивный (рис. 3).

Обнаружены значимые различия показателей уровня нейроэнергометаболизма головного

мозга в среднем на 13 % во всех исследуемых областях, что может говорить о напряженности процессов регуляции нейрометаболизма мозга даже в спокойном со-

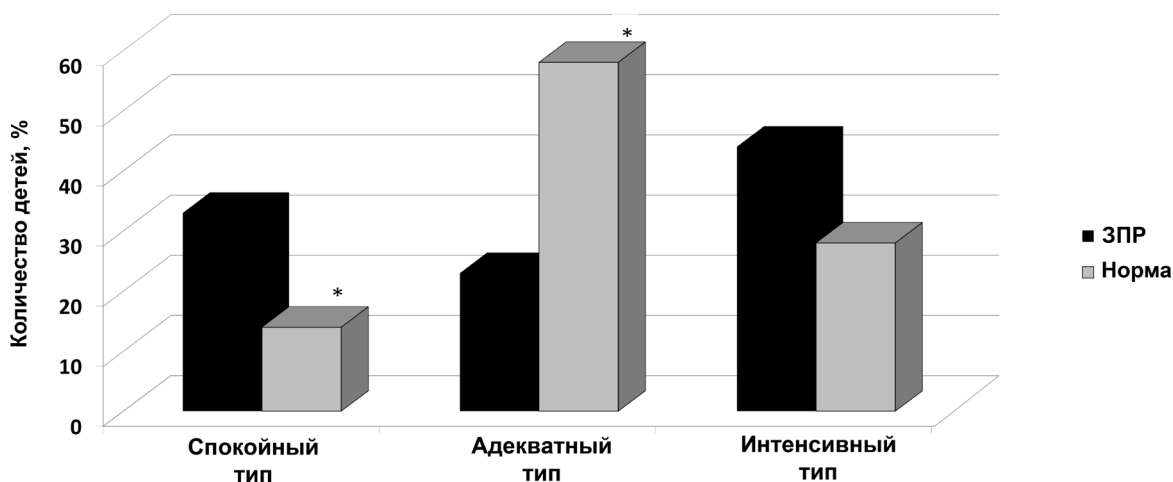


Рис. 3. Распределение ВП-типов темперамента у младших школьников (* – значимые отличия по критерию Фишера, $\phi_{эмп}^* \geq 2,31$)

мозга у школьников с различными темпераментальными особенностями (табл. 3). У детей с нормой развития и с ЗПР при спокойном ВП-типе темперамента показатели нейроэнергообмена были значимо ниже, чем у школьников других ВП-типов. Это свидетельствует о снижении реактивности процессов головного мозга у детей с низкой выраженностью поведенческих проявлений. У школьников с интенсивным ВП-типом темперамента отмечалось увеличение интенсив-

стоянии. У младших школьников с адекватным ВП-типом преобладали средние значения интенсивности энергетического метаболизма.

В результате нашего исследования параметров ОП милливольтного диапазона, регистрируемого в лобных отделах коры головного мозга, у младших школьников с нормальным развитием и с ЗПР были выявлены некоторые особенности протекания активационных процессов при различных ВП-типах

Таблица 3

ЗНАЧИМОСТЬ РАЗЛИЧИЙ УПП У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С НОРМАЛЬНЫМ ПСИХИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРИ РАЗНЫХ ВП-ТИПАХ ТЕМПЕРАМЕНТА (n = 69)

ВП-тип	X_{cp} (мВ), $M \pm m$	p
Спокойный (n = 10)	9,92±1,72	0,035784*
Адекватный (n = 40)	14,96±1,62	
Спокойный (n = 10)	9,92±1,72	0,008843*
Интенсивный (n = 19)	15,04±0,97	
Адекватный (n = 40)	14,96±1,62	0,965709
Интенсивный (n = 19)	15,04±0,97	

Примечание: * – значимые отличия по критерию Стьюдента, $p < 0,05$.

темперамента (рис. 4). У школьников спокойного ВП-типа темперамента с ЗПР по параметрам ОП в состоянии покоя были обнаружены выраженная вариативность и как пониженный, так и повышенный уровень активации в корковых проекциях лобной коры. Средние значения по каналам K_1 и K_2 находились в пределах I УА, что соответствует снижению уровня активного бодрствования. Младшие школьники с нормальным развитием и спокойным типом темперамента имели высокий уровень активации левого полушария коры головного мозга, значения K_1 и K_2 находились в пределах разных УА. У школьников с ЗПР адекватного ВП-типа темперамента минимальные и максимальные пределы вариативности ОП были умеренно выраженными. Средние значения по каналам K_1 и K_2 , как и у детей с нормальным развитием, находились в пределах II УА, что соответствовало оптимальному уровню активного бодрствования. У детей интенсивного ВП-типа УА характеризовался большей напряженностью, чем у школьников с другими ВП-типами темперамента.

В группах детей с нормой развития и ЗПР были выявлены отличия активационных про-

цессов лобного отдела коры головного мозга в зависимости от типа темперамента. Установлено, что у учеников с ЗПР спокойного ВП-типа темперамента показатели УА левого и правого полушарий были значимо ниже, чем у школьников других ВП-типов.

Обсуждение. В результате исследования энергетического метаболизма и активации коры головного мозга у детей младшего школьного возраста с нормальным и задержанным психическим развитием были выявлены некоторые особенности. Для детей с нормой развития был характерен преимущественно оптимальный (II) уровень активационных влияний и интенсивности энергетического метаболизма коры головного мозга. У школьников с ЗПР чаще определялись низкий (I) УА и диффузное снижение интенсивности энергетического метаболизма, что свидетельствует о неадекватности процессов активации и энергетического обеспечения клеток коры головного мозга.

Известно, что для нормальной активности клеток коры головного мозга необходимо достаточное и непрерывное обеспечение их энергетическим субстратом. Достаточный уровень

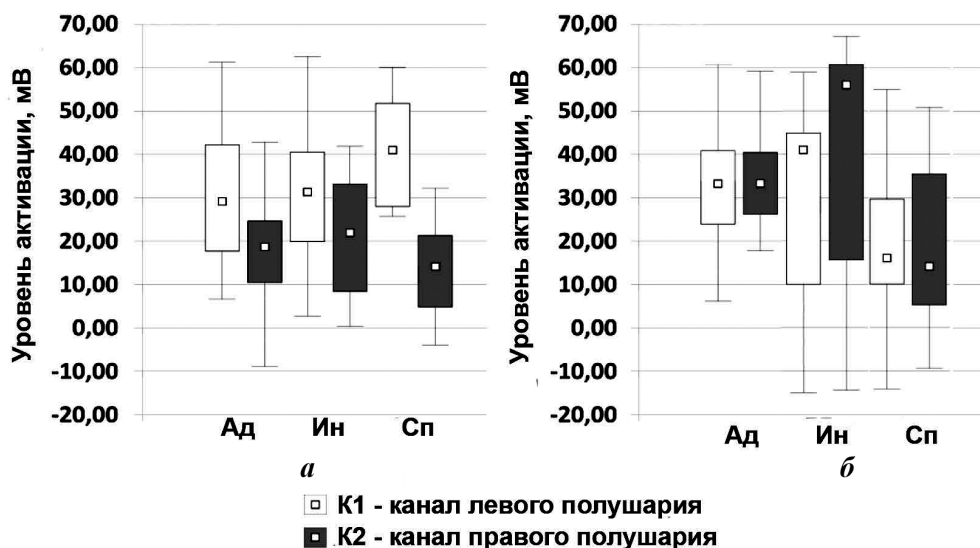


Рис. 4. Особенности уровня активации лобного отдела коры головного мозга у младших школьников с нормой (а) и задержкой (б) психического развития в зависимости от ВП-типа темперамента (Ад – «адекватные», Ин – «интенсивные», Сп – «спокойные»)

возбудимости (тонус префронтальной коры) поддерживается благодаря активационным влияниям ретикулярной формации, ее восходящей части. Возможно, депрессия нейроэнергетического метаболизма у детей с ЗПР была вызвана неадекватной регуляцией активационных влияний на кору головного мозга [9, 10]. Полученные нами данные согласуются с результатами исследования особенностей нейроэнергетического метаболизма у детей младшего школьного возраста с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью [32].

Снижение интенсивности энергетического метаболизма в лобном отведении ведет к нарушению функционирования фронтальных структур мозга, которые отвечают за поведение, программирование и контроль деятельности, служат ключевыми структурами в обеспечении процессов активации центральной нервной системы. В связи с этим очевидно, что при неадекватном уровне активации не может быть обеспечен оптимальный уровень энергообеспечения клеток коры головного мозга, следовательно, невозможно полноценное развитие психических функций.

Установлено, что детям с ЗПР менее свойственна средняя выраженность поведенческих проявлений, преобладающая у детей с нормой развития. Вероятно, такие психофизиологические особенности детей с ЗПР определены имеющимися различиями в выраженности активационных влияний и нейрометаболических реакций.

Отмечены следующие темпераментальные отличия детей с нормальным и задержанным психическим развитием: преобладание в группе с нормой развития детей адекватного типа темперамента, в группе ЗПР – интенсивного. В группе детей с нормой развития независимо от типа темперамента преобладала активность левого полушария, что, согласно исследованиям В.Ф. Фокина, говорит

о наиболее экономичном функционировании организма [33]. Дети интенсивного типа с ЗПР характеризовались высоким уровнем асимметрии активации полушарий головного мозга за счет доминирования правого. Такие изменения характерны для организма, испытывающего стресс [34]. Младшие школьники с ЗПР и спокойным типом темперамента имели низкий симметричный уровень активации коры обоих полушарий мозга. Характерная для младших школьников с ЗПР как депрессия, так и экспрессия УА, по-видимому, отражает менее адекватное протекание процессов активации, обеспечивающих нормальный уровень развития интегративных процессов головного мозга. Это, в свою очередь, могло оказывать влияние и на формирование ВПФ. Так, в ранее проведенных исследованиях в лаборатории психофизиологической диагностики и коррекции Института развития человека г. Красноярска показано, что школьники спокойного и интенсивного ВП-типов характеризуются меньшим темпом развития познавательных функций в сравнении с адекватными [35, 36].

Поскольку в основе функционального состояния организма лежат корково-подкорковые взаимомодулирующие отношения, не исключено, что активность мозговых структур, определяющая типологические особенности высшей нервной деятельности, может быть обусловлена выраженностью сверхмедленных волновых колебательных процессов в нервной системе. Следовательно, эти процессы могут определять индивидуальные характеристики и адаптивные резервы психики. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что активирующие механизмы головного мозга, нейроэнергетические реакции и темпераментальные характеристики являются важными факторами, влияющими на психическое развитие детей младшего школьного возраста.

Список литературы

1. Due P., Damsgaard M.T., Rasmussen M., Holstein B.E., Wardle J., Merlo J., Currie C., Ahluwalia N., Sørensen T.I., Lynch J., Borraccino A., Borup I., Boyce W., Elgar F., Gabhainn S.N., Krølner R., Svastisalee C., Matos M.C., Nansel T., Al Sabbah H., Vereecken C., Valimaa R. Socioeconomic Position, Macroeconomic Environment and Overweight Among Adolescents in 35 Countries // *Int. J. Obes.* 2009. Vol. 33, № 10. P. 1084–1093.
2. Freeman J.G., Samdal O., Klinger D.A., Dur W., Griebler R., Currie D., Rasmussen M. The Relationship of Schools to Emotional Health and Bullying // *Int. J. Public Health.* 2009. Vol. 54, suppl. 2. P. 251–259.
3. Дьячкова Н.М. Нейропсихологическое исследование детей, проживающих в экологически неблагоприятных условиях // *Успехи соврем. естествознания.* 2006. № 4. С. 37–39.
4. Сергеева О.А., Филиппова Н.В., Барыльник Ю.Б. Психологическая готовность к школьному обучению детей с задержкой психического развития // *Бюл. мед. интернет-конф.* 2014. Т. 4, № 11. С. 1292–1294.
5. Каубиш В.К., Бердышев И.С., Козлов В.П. Непсихогические нервно-психические расстройства как основа нарушения поведения у младших школьников // *Журн. невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 1992. Т. 92, № 5-12. С. 88–90.
6. Calkins S.D., Dollar J.M. Emotion: Commentary. A Biopsychosocial Perspective on Maternal Psychopathology and the Development of Child Emotion Regulation // *J. Pers. Disord.* 2014. Vol. 28, № 1. P. 70–77.
7. Бакуева Н.З., Гребнева Н.Н. Психофизиологические особенности возрастного развития дошкольников в условиях Западной Сибири // *Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Естеств. науки.* 2010. № 4. С. 31–37.
8. Русалов В.М., Парилис С.Э. Темперамент и своеобразие когнитивной системы личности // *Психол. журн.* 1991. Т. 12, № 1. С. 118–123.
9. Posner M.I., Petersen S.E. The Attention System of the Human Brain // *Annu. Rev. Neurosci.* 1990. Vol. 13. P. 25–42.
10. Vanini G., Baghdoyan H.A. Extrasynaptic GABA_A Receptors in Rat Pontine Reticular Formation Increase Wakefulness // *Sleep.* 2013. Vol. 36, № 3. P. 337–343.
11. Alstermark B., Ekerot C.F. The Lateral Reticular Nucleus: A Precerebellar Centre Providing the Cerebellum with Overview and Integration of Motor Functions at Systems Level. A New Hypothesis // *J. Physiol.* 2013. Vol. 591, № 22. P. 5453–5458.
12. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. М., 2003. 288 с.
13. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Интенсивность церебрального энергетического обмена: возможности его оценки электрофизиологическим методом // *Вестн. РАМН.* 2001. № 8. С. 38–43.
14. Пономарева Н.В., Фокин В.Ф., Разыграев И.И. Клиническое применение метода анализа уровня постоянных потенциалов головного мозга // *Современное состояние методов неинвазивной диагностики в медицине: тр. конф. Ялта; Гурзуф,* 1996. С. 37–40.
15. Сметанникова И.Н. Нейропсихологический анализ сформированности высших психических функций в контексте успешности обучения детей 9–10 лет // *Изв. Алтайск. гос. ун-та.* 2012. Т. 2, № 2(74). С. 63–66.
16. Воронова М.Н., Корнеев А.А., Ахутина Т.В. Лонгитюдное исследование развития высших психических функций у младших школьников // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14: Психология.* 2013. № 4. С. 48–64.
17. Лаврик С.Ю., Домитрак С.В., Шпрах В.В. Минимальная мозговая дисфункция: распространенность, факторы риска, клинические, нейрофизиологические и нейропсихофизиологические аспекты // *Бюл. Вост.-Сиб. науч. центра Сиб. отд-ния РАМН.* 2014. № 1(95). С. 35–39.
18. Fagerholm E.D., Lorenz R., Scott G., Dinov M., Hellyer P.J., Mirzaei N., Leeson C., Carmichael D.W., Sharp D.J., Shew W.L., Leech R. Cascades and Cognitive State: Focused Attention Incurs Subcritical Dynamics // *J. Neurosci.* 2015. Vol. 35, № 11. P. 4626–4634.
19. Даргель И.В., Шилов С.Н. Роль активации коры головного мозга в формировании высших психических функций младших школьников с задержкой психического развития // *Сиб. пед. журн.* 2012. № 5. С. 146–149.
20. Залевский Г.В., Хабарова И.В., Шилов С.Н., Кожевников В.Н. Влияние уровня активации лобной коры головного мозга и темпераментальных черт на формирование познавательных процессов младших школьников с задержкой психического развития // *Сиб. психол. журн.* 2013. № 49. С. 7–12.
21. Аладжалова Н.А. Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга. М., 1979. 214 с.

22. Илюхина В.А., Дамбинова С.А. Физиолого-биохимические основы сверхмедленных систем регуляции интегративных функций и состояний ЦНС // Успехи функциональной нейрохимии. СПб., 2003. С. 127–143.
23. Петросян Е.Ю., Савченков Ю.И. Метод определения частных ВП-типов темперамента по результатам исследования его черт по А. Томасу // Сиб. мед. обозрение. 2009. Т. 59, № 5. С. 35–38.
24. Русалов В.М., Дудин С.И. Темперамент и интеллект: общие и специальные факторы развития // Психол. журн. 1995. Т. 16, № 5. С. 12–23.
25. Русалов В.М. Психология и психофизиология индивидуальных различий: некоторые итоги и ближайшие задачи системных исследований // Психол. журн. 1991. Т. 12, № 5. С. 3–17.
26. Слободская Е.Р., Татауров Ю.А. Вегетативная регуляция сердечного ритма и темперамент детей раннего возраста // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 2. С. 86–90.
27. Слободская Е.Р. Развитие ребенка: индивидуальность и приспособление. Новосибирск, 2004. 415 с.
28. Петросян Е.Ю., Савченков Ю.И. Типы возрастной динамики некоторых черт темперамента // Вестн. Томск. гос. пед. ун-та. 2009. Вып. 4(82). С. 65–70.
29. Илюхина В.А., Кривошапова М.Н., Матвеев Ю.К., Пономарева Е.А., Шантлелей М.А. Особенности соотношения уровней активации лобной, височной и теменной коры по параметрам сверхмедленных биопотенциалов у детей 4–7 лет с возрастной нормой и задержкой развития речи // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. 2004. Т. 40, № 5. С. 455–468.
30. Фарбер Д.А. Принципы системной структурно-функциональной организации мозга и основные этапы ее формирования // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л., 1990. С. 168–177.
31. Кожевников В.Н., Варлакова Я.В., Новиков В.Б., Тронин О.А. Аппаратно-программный комплекс омегаметрии // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. / под ред. А.И. Громько, А.В. Сарафанова. Красноярск, 2004. С. 660–662.
32. Грибанов А.В., Депутат И.С. Распределение уровня постоянных потенциалов головного мозга у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью при различном уровне интеллекта // Вестн. Помор. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2008. № 1. С. 4–9.
33. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Коротенкова М.В., Коновалов Р.Н., Танащян М.М., Лагода О.В. Факторы, определяющие динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии // Асимметрия. 2011. Т. 5, № 1. С. 4–20.
34. Боравова А.И., Галкина Н.С., Фокин В.Ф. Взаимосвязь эмоционально-личностных особенностей школьников первого класса с характером межполушарной асимметрии и уровнем постоянного потенциала головного мозга // Асимметрия. 2009. Т. 3, № 3. С. 38–44.
35. Фандюхин С.А. Особенности структуры и черт темперамента у лиц с различными соматотипами: дис. ... канд. мед. наук. Красноярск, 2002. 144 с.
36. Бедерева Н.С., Шилов С.Н., Гезалова Н.В. Особенности нейрометаболических реакций и уровней активации головного мозга у младших школьников с различными темпераментными характеристиками // Сиб. вестн. спец. образования. 2013. № 1(9). С. 25–37.

References

1. Due P., Damsgaard M.T., Rasmussen M., Holstein B.E., Wardle J., Merlo J., Currie C., Ahluwalia N., Sørensen T.I., Lynch J., Borraccino A., Borup I., Boyce W., Elgar F., Gabbhainn S.N., Krølner R., Svastisalee C., Matos M.C., Nansel T., Al Sabbah H., Vereecken C., Valimaa R. Socioeconomic Position, Macroeconomic Environment and Overweight Among Adolescents in 35 Countries. *Int. J. Obes.*, 2009, vol. 33, no. 10, pp. 1084–1093.
2. Freeman J.G., Samdal O., Klinger D.A., Dur W., Griebler R., Currie D., Rasmussen M. The Relationship of Schools to Emotional Health and Bullying. *Int. J. Public Health*, 2009, vol. 54, suppl. 2, pp. 251–259.
3. D'yachkova N.M. Neyropsikhologicheskoe issledovanie detey, prozhivayushchikh v ekologicheskii neblagopoluchnykh usloviyakh [The Neuropsychological Research of the Children, Living in Eco-Unfavorable Conditions]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2006, no. 4, pp. 37–39.
4. Sergeeva O.A., Filippova N.V., Baryl'nik Yu.B. Psikhologicheskaya gotovnost' k shkol'nomu obucheniyu detey s zaderzhkoy psikhicheskogo razvitiya [Psychological Readiness for Schooling in Children with Intellectual Disability]. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsiy*, 2014, vol. 4, no. 11, pp. 1292–1294.

5. Kaubish V.K., Berdyshev I.S., Kozlov V.P. Nepsikhoticheskie nervno-psikhicheskie rasstroystva kak osnova narusheniya povedeniya u mladshikh shkol'nikov [Nonpsychotic Neuropsychic Disorders as a Basis for Abnormal Behavior in Younger Schoolchildren]. *Zhurnal nevropatologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 1992, vol. 92, no. 5-12, pp. 88–90.

6. Calkins S.D., Dollar J.M. Emotion: Commentary. A Biopsychosocial Perspective on Maternal Psychopathology and the Development of Child Emotion Regulation. *J. Pers. Disord.*, 2014, vol. 28, no. 1, pp. 70–77.

7. Bakieva N.Z., Grebneva N.N. Psikhofiziologicheskie osobennosti vozrastnogo razvitiya doshkol'nikov v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [Psychophysiological Features of Age Development in Preschool Children in the Conditions of Western Siberia]. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*, 2010, no. 4, pp. 31–37.

8. Rusalov V.M., Parilis S.E. Temperament i svoeobrazie kognitivnoy sistemy lichnosti [Temperament and Originality of a Person's Cognitive System]. *Psikhologicheskii zhurnal*, 1991, vol. 12, no. 1, pp. 118–123.

9. Posner M.I., Petersen S.E. The Attention System of the Human Brain. *Annu. Rev. Neurosci.*, 1990, vol. 13, pp. 25–42.

10. Vanini G., Baghdoyan H.A. Extrasynaptic GABAA Receptors in Rat Pontine Reticular Formation Increase Wakefulness. *Sleep*, 2013, vol. 36, no. 3, pp. 337–343.

11. Alstermark B., Ekerot S.F. The Lateral Reticular Nucleus: A Precerebellar Centre Providing the Cerebellum with Overview and Integration of Motor Functions at Systems Level. A New Hypothesis. *J. Physiol.*, 2013, vol. 591, no. 22, pp. 5453–5458.

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

13. Fokin V.F., Ponomareva N.V. Intensivnost' tsebral'nogo energeticheskogo obmena: vozmozhnosti ego otsenki elektrofiziologicheskimi metodami [Intensity of Cerebral Energy Exchange: Possibility of Its Evaluation by Electrophysiological Method]. *Vestnik RAMN*, 2001, no. 8, pp. 38–43.

14. Ponomareva N.V., Fokin V.F., Razygraev I.I. Klinicheskoe primeneniye metoda analiza urovnya postoyannykh potentsialov golovnoy mozga [Clinical Use of the Method of Analysing the Level of Cerebral DC Potentials]. *Sovremennoe sostoyaniye metodov neinvazivnoy diagnostiki v meditsine: tr. konf.* [Current State of Non-Invasive Diagnostic Methods in Medicine: Proc. Conf.]. Yalta, Gurzuf, 1996, pp. 37–40.

15. Smetannikova I.N. Neyropsikhologicheskii analiz sformirovannosti vysshikh psikhicheskikh funktsiy v kontekste uspekhov obucheniya detey 9–10 let [Neuropsychological Analysis of the Developing Higher Mental Functions in a Context of Educational Success of Children 9–10 Years]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, vol. 2, no. 2, pp. 63–66.

16. Voronova M.N., Korneev A.A., Akhutina T.V. Longitudinalnoye issledovaniye razvitiya vysshikh psikhicheskikh funktsiy u mladshikh shkol'nikov [Longitudinal Study of the Development of Higher Mental Functions in Primary School Children]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 14: Psikhologiya*, 2013, no. 4, pp. 48–64.

17. Lavrik S.Yu., Domitrak S.V., Shprakh V.V. Minimal'naya mozgovaya disfunktsiya: rasprostranennost', faktory riska, klinicheskie, neyrofiziologicheskie i neyropsikhofiziologicheskie aspekty [Minimal Cerebral Dysfunction: Prevalence, Risk Factors, Clinical, Neurophysiological and Neuropsychophysiological Aspects]. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya RAMN*, 2014, no. 1, pp. 35–39.

18. Fagerholm E.D., Lorenz R., Scott G., Dinov M., Hellyer P.J., Mirzaei N., Leeson C., Carmichael D.W., Sharp D.J., Shew W.L., Leech R. Cascades and Cognitive State: Focused Attention Incurs Subcritical Dynamics. *J. Neurosci.*, 2015, vol. 35, no. 11, pp. 4626–4634.

19. Dargel' I.V., Shilov S.N. Rol' aktivatsii kory golovnoy mozga v formirovaniye vysshikh psikhicheskikh funktsiy mladshikh shkol'nikov s zaderzhkoy psikhicheskogo razvitiya [Role of Cerebral Cortex Activation in the Formation of Higher Mental Functions in Younger Schoolchildren with Mental Retardation]. *Sibirskiy pedagogicheskii zhurnal*, 2012, no. 5, pp. 146–149.

20. Zalevskiy G.V., Khabarova I.V., Shilov S.N., Kozhevnikov V.N. Vliyaniye urovnya aktivatsii lobnoy kory golovnoy mozga i temperamental'nykh chert na formirovaniye poznavatel'nykh protsessov mladshikh shkol'nikov s zaderzhkoy psikhicheskogo razvitiya [Impact of the Level of Frontal Cortex Activation and Temperament Traits on the Formation of Cognitive Processes in Younger Schoolchildren with Intellectual Disability]. *Sibirskiy psikhologicheskii zhurnal*, 2013, no. 49, pp. 7–12.

21. Aladzhilova N.A. *Psikhofiziologicheskie aspekty sverkhmedlennoy ritmicheskoy aktivnosti golovnoy mozga* [Psychophysiological Aspects of the Ultra-Slow Rhythmic Activity of the Brain]. Moscow, 1979. 214 p.

22. Ilyukhina V.A., Dambinova S.A. Fiziologo-biokhimicheskie osnovy sverkhmedlennykh sistem regulyatsii integrativnykh funktsiy i sostoyaniy TsNS [Physiological and Biochemical Basis of Ultra-Slow Systems of Regulation of Integrative Functions and CNS States]. *Uspekhi funktsional'noy neyrokhimii* [Advances of Functional Neurochemistry]. St. Petersburg, 2003, pp. 127–143.
23. Petrosyan E.Yu., Savchenkov Yu.I. Metod opredeleniya chastnykh VP-tipov temperamenta po rezul'tatam issledovaniya ego chert po A. Tomasu [Method to Detect Particular Temperament Type with Behavior Characteristics by A. Thomas]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*, 2009, vol. 59, no. 5, pp. 35–38.
24. Rusalov V.M., Dudin S.I. Temperament i intellekt: obshchie i spetsial'nye faktory razvitiya [Temperament and Intellect: General and Special Factors of Development]. *Psikhologicheskiy zhurnal*, 1995, vol. 16, no. 5, pp. 12–23.
25. Rusalov V.M. Psikhologiya i psikhofiziologiya individual'nykh razlichiy: nekotorye itogi i blizhayshie zadachi sistemnykh issledovaniy [Psychology and Psychophysiology of Individual Differences: Some Results and Immediate Tasks of Systemic Research]. *Psikhologicheskiy zhurnal*, 1991, vol. 12, no. 5, pp. 3–17.
26. Slobodskaya E.R., Tataurov Yu.A. Vegetativnaya regulyatsiya serdechnogo ritma i temperament detey rannego vozrasta [Autonomic Regulation of Heart Rhythm and Temperament in Young Children]. *Fiziologiya cheloveka*, 2001, vol. 27, no. 2, pp. 86–90.
27. Slobodskaya E.R. *Razvitie rebenka: individual'nost' i prisposoblenie* [Child Development: Individuality and Adaptation]. Novosibirsk, 2004. 415 p.
28. Petrosyan E.Yu., Savchenkov Yu.I. Tipy vozrastnoy dinamiki nekotorykh chert temperamenta [Types of Age Dynamics of Some Features of Temperament]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2009, no. 4, pp. 65–70.
29. Ilyukhina V.A., Krivoshchapova M.N., Matveev Yu.K., Ponomareva E.A., Shaptiley M.A. Peculiarities of Interrelations of Activation Levels of Frontal, Temporal, and Parietal Cortex by Parameters of Ultraslow Biopotentials in the 4–5-Year-Old Children with the Age Norm and Delayed Speech Development. *J. Evol. Biochem. Physiol.*, 2004, vol. 40, no. 5, pp. 563–580.
30. Farber D.A. Printsipy sistemnoy strukturno-funktsional'noy organizatsii mozga i osnovnye etapy ee formirovaniya [Principles of the Systems Structural and Functional Organization of the Brain and Key Stages of Its Formation]. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya razvivayushchegosya mozga* [Structural and Functional Organization of the Developing Brain]. Leningrad. 1990, pp. 168–177.
31. Kozhevnikov V.N., Varlakova Ya.V., Novikov V.B., Tronin O.A. Apparato-programmnyy kompleks omegametrii [Hardware and Software Omegametric Package]. Gromyko A.I., Sarafanov A.V. *Sovremennyye problemy radioelektroniki* [Current Problems of Radio Electronics]. Krasnoyarsk, 2004, pp. 660–662.
32. Griбанov A.V., Deputat I.S. Raspredelenie urovnya postoyannykh potentsialov golovnogo mozga u detey s sindromom defitsita vnimaniya i giperaktivnost'yu pri razlichnom urovne intellekta [Distribution of the Brain Constant Potentials Level in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder of Different Intellectual Levels]. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*, 2008, no. 1, pp. 4–9.
33. Fokin V.F., Ponomareva N.V., Korotenkova M.V., Konovalov R.N., Tanashyan M.M., Lagoda O.V. Faktory, opredelyayushchie dinamicheskie svoystva funktsional'noy mezhpolutsharnoy asimmetrii [Factors Determining Dynamic Properties of Functional Interhemispheric Asymmetry]. *Asimetriya*, 2011, vol. 5, no. 1, pp. 4–20.
34. Boravova A.I., Galkina N.S., Fokin V.F. Vzaimosvyaz' emotsional'no-lichnostnykh osobennostey shkol'nits pervogo klassa s kharakterom mezhpolutsharnoy asimmetrii i urovnem postoyannogo potentsiala golovnogo mozga [The Intercommunication of Schoolgirls' Emotional and Personal Characteristics with Interhemispheric Asymmetry and Rate of Brain Constant Potential]. *Asimetriya*, 2009, vol. 3, no. 3, pp. 38–44.
35. Fandukhin S.A. *Osobennosti struktury i chert temperamenta u lits s razlichnymi somatotipami: dis. ... kand. med. nauk* [Peculiarities of Temperament Structure and Traits in Persons with Different Somatotypes: Cand. Med. Sci. Diss.]. Krasnoyarsk, 2002.
36. Bedereva N.S., Shilov S.N., Gezalova N.V. Osobennosti neyrometabolicheskikh reaktsiy i urovney aktivatsii golovnogo mozga u mladshikh shkol'nikov s razlichnymi temperamentnymi kharakteristikami [Features of Neurometabolic Reactions and Levels of Brain Activation in Primary School Children with Different Temperamental Characteristics]. *Sibirskiy vestnik spetsial'nogo obrazovaniya*, 2013, no. 1, pp. 25–37.

*Irina V. Khabarova**, *Natal'ya S. Bedereva**, *Sergey N. Shilov**

*Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev (Krasnoyarsk, Russian Federation)

EFFECT OF TEMPERAMENT, NEURAL ENERGY METABOLISM, AND LEVEL OF CEREBRAL CORTEX ACTIVATION ON THE MENTAL DEVELOPMENT OF YOUNGER SCHOOLCHILDREN

The paper studied the intensity of energy metabolism and level of activation effect on the cerebral cortex in younger schoolchildren. 149 children with normal ($n = 69$) and delayed ($n = 80$) mental development were examined. Temperament types of younger schoolchildren were identified by behavioural manifestations intensity index: in children with normal development, average index values predominated, corresponding to the adequate type of temperament; in children with delayed mental development, high values prevailed, i.e. the intense type of temperament. Differences in the course of brain processes in schoolchildren with different temperament traits were revealed. Children with normal development and adequate type of temperament showed optimal indices of energy metabolism intensity and level II of cerebral cortex activation; "intense" children more often demonstrated high intensity of neural energy metabolism and level III of cerebral cortex activation; children with the calm type of temperament had a high level of left hemisphere activation and lower intensity of neural energy metabolism. Younger schoolchildren with delayed mental development and the calm type of temperament showed asymmetric activation of the cerebral hemispheres with predominant activity of the right hemisphere and low intensity of energy metabolism in the cerebral cortex. In "adequate" children we more often observed average intensity of energy metabolism and level II of cerebral cortex activation, with predominant symmetrical activity of the right and left hemispheres. Children with the intense type of temperament demonstrated high intensity of neural energy exchange and high level of activation effect on the cerebral cortex, with predominant activity of the right hemisphere. In addition, the paper showed the role of some psychophysiological mechanisms in the mental development of children of primary school age.

Keywords: *omega potential, steady DC potential, temperament of younger schoolchildren, cerebral activation processes, neural energy metabolism.*

Поступила 25.10.2016
Received 25 October 2016

Corresponding author: Natal'ya Bedereva, *address:* ul. Ady Lebedevoy 89, Krasnoyarsk, 660060, Russian Federation; *e-mail:* bedereva@mail.ru

For citation: Khabarova I.V., Bedereva N.S., Shilov S.N. Effect of Temperament, Neural Energy Metabolism, and Level of Cerebral Cortex Activation on the Mental Development of Younger Schoolchildren. *Journal of Medical and Biological Research*, 2017, vol. 5, no. 3, pp. 43–55. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.43