УДК 612.821.2:616-053.4

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОЭНЕРГОМЕТАБОЛИЗМА И УРОВНЕЙ АКТИВАЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ С ЗАДЕРЖКОЙ РЕЧЕВОГО РАЗВИТИЯ В ПРОЦЕССЕ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

[1]Коровяковская В.В., [1, 2]Шилов С.Н., [3]Баскаков И.С.

[1]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет имени В.П. Астафьева, Красноярск, e-mail: vkorovyakovskaya@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова», Абакан;
[3]ФГБУН Федеральный исследовательский центр химической физики имени Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва

Взаимосвязь задержек речевого развития и когнитивных функций у старших дошкольников представляет собой важную проблему нейрофизиологии и логопедии. Цель – исследование уровней активации мозговых структур и нейроэнергетического состояния у детей с задержкой речи в контексте их подготовки к школьному обучению. В исследовании участвовали 72 ребенка с нормой развития и с задержкой речевого развития. Использовался программно-аппаратный комплекс «Нейроэнергокартограф-5», регистрирующий функциональные параметры мозга, и комплекс «Омега-тестер», регистрирующий омега-потенциалы. Анализировались нейрометаболические изменения в условиях когнитивной нагрузки. У дошкольников с задержкой развития речи выявлены асимметричные модулирующие влияния подкорковыми структурами, а также гипо- и гиперактивация коры головного мозга. Распределение детей на три группы по уровню среднего нейроэнергообмена позволило установить значимые различия в профиле распределения уровня постоянных потенциалов фона, особенностях нейроэнергообмена при когнитивной нагрузке, а также резервных возможностях и адаптационных механизмах головного мозга. У детей с депрессией нейрометаболизма установлена дисфункция срединных областей мозга, «нагрузочный энергодефицит». У детей с повышенным нейрометаболизмом дисфункция затылочной и височных областей мозга – гипоадаптивная реакция на функциональную нагрузку, приводящая к истощению. Установлено, что в задержке речи одним из ключевых звеньев патогенеза является нарушение нейроэнергометаболизма, приводящее к расстройствам активационных процессов в коре и подкорковых структурах, нарушениям механизмов адаптации. Это может негативно сказываться на когнитивных функциях, затрудняя обучение.

Ключевые слова: задержка речевого развития, нейроэнергокартирование, сверхмедленные биопотенциалы мозга.

FEATURES OF NEUROENERGOMETABOLISM AND BRAIN ACTIVATION LEVELS IN OLDER PRESCHOOLERS WITH SPEECH DEVELOPMENT DELAY IN THE PROCESS OF COGNITIVE ACTIVITY

[1]Korovyakovskaya V.V., [1, 2]Shilov S.N., [3]Baskakov I.S.

[1]Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafev, Krasnoyarsk, e-mail: vkorovyakovskaya@mail.ru;
[2]Khakass State University named after N.F. Katanov, Abakan;
[3]Federal Research Center for Chemical Physics named after N.N. Semenov of the Russian Academy of Sciences, Moscow

The relationship between speech development delays and cognitive functions in older preschoolers represents a significant issue in neurophysiology and speech therapy. The aim is to investigate the activation levels of brain structures and the neuroenergetic state in children with speech delays in the context of their preparation for school education. The study involved 72 children with typical development and those with speech development delays. A software-hardware complex, NeuroenergoCartograph-5, was used to record functional brain parameters, along with the Omega-tester, which registered omega potentials. Neurometabolic changes under cognitive load were analyzed. Results indicated asymmetric modulatory influences from subcortical structures in preschoolers with speech delays, as well as hypo- and hyperactivation of the cerebral cortex. Grouping children into three categories based on average neuroenergetic exchange levels revealed significant differences in the profile distribution of the level of constant background potentials, features of neuroenergetic exchange under cognitive load, and the reserve capabilities and adaptive mechanisms of the brain. In children with depressed

neurometabolism, dysfunction of midbrain areas and "load energy deficiency" were established. In children with increased neurometabolism, dysfunction of occipital and temporal areas was noted, along with a hypoadaptive response to functional load leading to exhaustion. It was found that one of the key links in the pathogenesis of speech delays is the disruption of neuroenergom metabolism, leading to impairments in activation processes in the cortex and subcortical structures, as well as disruptions in adaptation mechanisms. This negatively impacts cognitive functions, hindering learning.

Keywords: delayed speech development, neuroenergetic mapping, ultra-slow brain biopotentials.

Введение

Когнитивные функции, в частности речь и память, представляют собой сложные процессы, которые являются неотъемлемой частью высшей психической деятельности человека. Речь, как форма коммуникации, не только отражает уровень когнитивного развития индивида, но и служит важным инструментом для хранения и передачи информации, что делает ее тесно связанной с памятью [1]. Недостаточно сформированные психические функции у детей старшего дошкольного возраста становятся уязвимыми в условиях новых требований, возникающих в процессе перехода к школьному обучению. Поэтому важно исследовать энергетическое состояние и активацию отделов головного мозга (ГМ) при реализации когнитивных функций у старших дошкольников с целью профилактики дезадаптационных проявлений, а также для разработки рациональных методов коррекции при нарушениях когнитивного развития. Несмотря на значимость данной темы, на сегодняшний день существует ограниченное количество исследований, посвященных оценке уровня энергетического метаболизма и адаптационных возможностей ГМ детей старшего дошкольного возраста [2, 3]. Более того, отсутствуют исследования, которые бы анализировали уровни функционирования конкретных областей мозговых структур у детей с нарушениями компонентов когнитивных функций, в частности речи.

Цель исследования – выявить особенности нейроэнергометаболизма и уровней активации структур головного мозга старших дошкольников в процессе речевой и мнестической деятельности.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие дети старшего дошкольного возраста (средний возраст 6,6 лет) с нормальным слухом, не имеющие органических нарушений ЦНС и речевого аппарата, без дефицита коммуникаций, правши. Обследовано 72 ребенка. Одна группа состояла из 50 детей, имеющих задержку речевого развития (ЗРР). Дети с нормой развития составили группу сравнения. Перед проведением обследования детей было получено информированное согласие от родителей или законных представителей, что соответствует установленным этическим нормам и правилам проведения подобных исследований. Исследование проводилось с использованием программно-аппаратного комплекса «Нейроэнергокартограф НЭК-5». Данный комплекс позволяет регистрировать уровни

постоянных потенциалов (УПП). УПП – электрофизиологический показатель, отражающий соотношение между кислотно-щелочным состоянием крови мозговых и периферических капилляров, позволяющий оценивать энергетические затраты как ГМ суммарно, так и отдельных его областей [4, 5]. Во время исследования ребенок в спокойном состоянии сидя занимался непродуктивной деятельностью. После регистрации базового уровня (далее – фон) нейроэнергообмена (НЭО) были проведены функциональные пробы быстрой словесности и памяти для оценки энергетических резервов головного мозга, его адаптационных возможностей к воздействию эмоционального стресса, а также с целью выявления активности областей мозга, участвующих в речевых и мнестических процессах [6, 7]. Большинство исследуемых детей имело речевые нарушения, поэтому для проведения словесной пробы использовали субтест «Называние предметов и действий» из пособия Л.С. Цветковой [8], для проверки памяти использовали методики с картинками А.Р. Лурия «10 слов», А.А. Бернштейна «Запомни и найди» и В.А. Немова «Запомни рисунки» [8–10]. Регистрацию УПП проводили во время проведения пробы.

Для определения интенсивности восходящих активирующих влияний ретикулярной формации и таламуса определялся уровень активации (УА) через медленные электрические процессы [11]. Исследованы особенности УА фронтального отдела коры ГМ у детей с нормой развития и задержкой речевого развития (ЗРР) в проекции поля F9 по Бродману, поскольку лобная кора этой зоны принимает активное участие в организации когнитивной деятельности. [12]. Для оценки УА использован метод омегаметрии с регистрацией омега-потенциала (ОП) с помощью комплекса «Омега-тестер». В последние годы данный метод используется в различных областях медицины [13, 14].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ «Microsoft Office Excel 2011» и «Statistica 6.0 Base for Windows». Различия показателей считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

По значениям усредненного уровня энергетического обмена мозга (Хср) дети были распределены на три подгруппы: 1-я подгруппа с пониженным (от -8,3 до 5,3 мВ), 2-я подгруппа с нормальным (от 3,5 до 12,1 мВ) и 3-я подгруппа с повышенным (от 16,0 до 24,6 мВ) Хср [4, 15]. В группе с ЗРР доля детей с измененной интенсивностью Хср составила 56 %, что сопоставимо с долей детей данной группы, имеющих нормальный Хср (рис. 1). Это статистически значимо превышало аналогичный показатель в группе сравнения, где 78 % составили дети с нормальными показателями Хср. В 1-й и 3-й подгруппах статистически значимо преобладала доля детей с ЗРР по сравнению с долей детей группы сравнения.

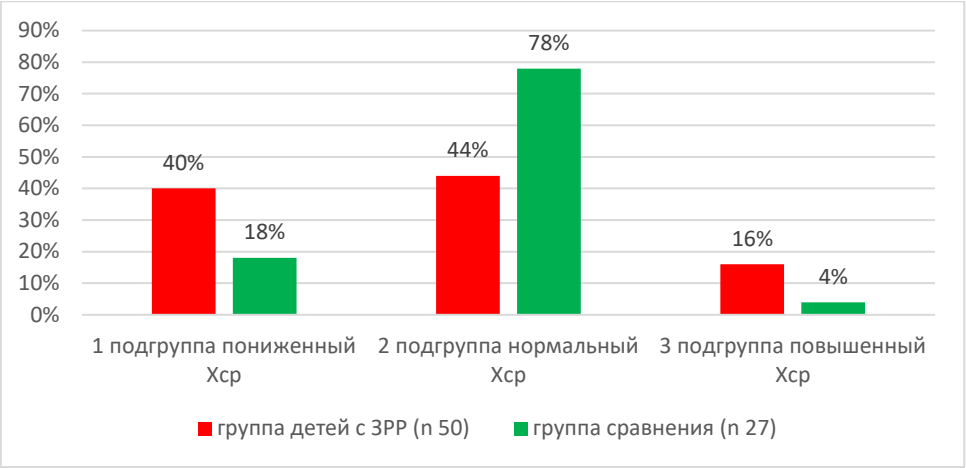

Рис. 1. Распределение обследованных старших дошкольников в зависимости от уровня усредненного значения НЭМ

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

С целью выявления особенностей НЭМ в областях ГМ, был проведен анализ значений монополярных УПП у детей ЗРР и группы сравнения. При этом дети с ЗРР анализировались по подгруппам отклонений Хср, поскольку полученные результаты продемонстрировали статистическую значимость различий в данной категории (табл. 1).

Таблица 1

Значения УПП у детей с ЗРР и с нормой развития при регистрации фона по монополярным отведениям (мВ) и показателя межполушарных отношений

	Дети с ЗРР			Дети с нормой развития
	1-я подгр.	2-я подгр.	3-я подгр.	
Fpz	-1±3,4*	6,5±4	23,2±2,4*	5,8±1,5
Cz	2,6±1,9*	14,6±2,4*	25,9±2,7*	8±2,4
Oz	-1,3±2,4*	10,3±2,7	27,4±1,8*	9,6±2
Td	-1,3±2,7*	8,9±1,8	18,5±2,2*	5,2±2,4
Ts	-1±2,9*	9,1±0,5*	17,9±-3,2*	4,7±2,7
Td-Ts	-0,3±1,8	-0,2±1,2	0,6±1,1	0,5±0,9

Примечание. Fz – лобное отведение, Cz – центральное, Oz – затылочное, Td – правое височное, Ts – левое височное отведение, Td–Ts – показатель межполушарных отношений. Статистическая значимость различий по критерию Стьюдента *$p < 0,05$.

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

У детей с ЗРР 1-й подгр. отмечалось статистически значимое снижение биопотенциалов во всех областях головного мозга. Наибольшее снижение УПП относительно группы сравнения зафиксировано по затылочному отведению и составило в среднем 11 мВ ($p \leq 0,05$). Во 2-й подгр. – статистически значимое повышение энергопотенциалов в центральной и левой височной областях (6,6 и 4,4 мВ). У детей 3-й подгр. – статистически значимое повышение

УПП по всем областям мозга с преобладанием в затылочной области до 29 мВ. При оценке межполушарной асимметрии фона (Td–Ts) статистически значимых различий нет [4, 11].

Критерием нормального распределения показателей энергетического метаболизма ГМ является «куполообразная» конфигурация [3, 4, 13], при которой максимальные значения регистрируются в центральных отведениях и постепенно снижаются к периферии (рис. 2).

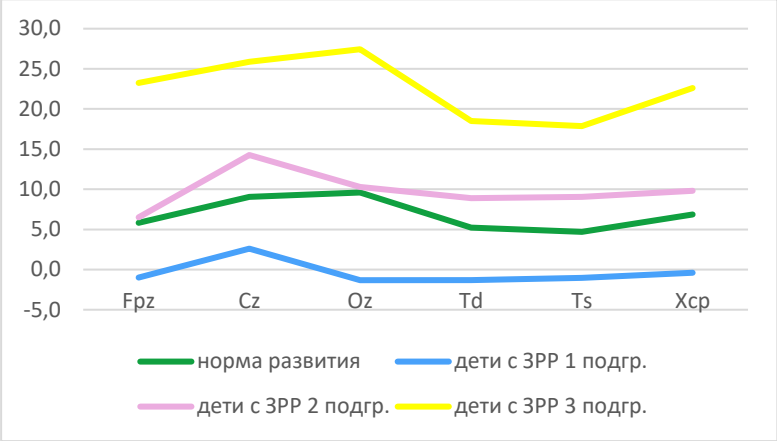

Рис. 2. Фоновое распределение УПП по поверхности головы у старших дошкольников.

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

У старших дошкольников с нормотипичным развитием зафиксировано смещение «купола» к затылочной области (рис. 2). Вероятно, это связано с процессами развития письменной речи, характерного для старшего дошкольного возраста [6, 8, 16]. У детей с ЗРР 1 подгруппы наблюдалось сглаживание «купола» в результате снижения функциональной активности срединных структур ГМ и депрессии периферических отделов ГМ. Это может свидетельствовать о нарушении процессов регуляции активации и торможения корковых центров подкорковыми структурами [3, 6, 17]. У детей с ЗРР 3-й подгруппы отмечалось статистически значимое повышение УПП в затылочной области и снижение НЭМ в височных областях. Такое дисгармоничное перераспределение энергетических затрат указывает на функциональные нарушения второго структурно-функционального блока мозга [6, 18, 19].

Известно, что в регуляции нейроэнергометаболизма значительную роль играют процессы активации коры ГМ [3, 20], влияющие на адаптационные процессы. В результате проведенной омегаметрии выявлены значимые различия в активационных влияниях на фронтальную кору подкорковыми структурами между группами детей с нормой развития и ЗРР (табл. 2).

Таблица 2

Распределение обследованных старших дошкольников в зависимости от уровня активации коры головного мозга (УП)

	I уровень симметричной активности (от 0 до 20 мВ)	II уровень симметричной активности (от 21 до 40 мВ)	III уровень симметричной активности (от 41 до 60 мВ)	IV уровень (асимметричные значения ОП)
Группа ЗРР	16 %	22 %	10 %	54 %
Группа сравнения	13 %	81 %	6 %	–

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

У большинства детей группы сравнения наблюдался оптимальный уровень активации мозга (2-я группа), характеризующийся оптимальной адаптацией к когнитивным нагрузкам и отсутствием продуктивного напряжения. Группа дошкольников с ЗРР отличалась неоднородностью в механизмах активации фронтальной коры ГМ. Наблюдались как низкие (I), так и высокие (III) уровни активации. Известно, что пониженный уровень активации приводит к снижению процессов восприятия переработки информации, повышенный – к формированию внутреннего напряжения. Преобладающее число составили дети с асимметричными активациями (IV уровень). Данный уровень характеризуется вариабельностью присутствия эмоционального и психического напряжения во время обучения. Полученные данные указывают на неадекватность активационных процессов в коре ГМ у старших дошкольников с ЗРР.

Результаты обследования резервных и адаптационных возможностей структур ГМ детей старшего дошкольного возраста представлены на рис. 3.

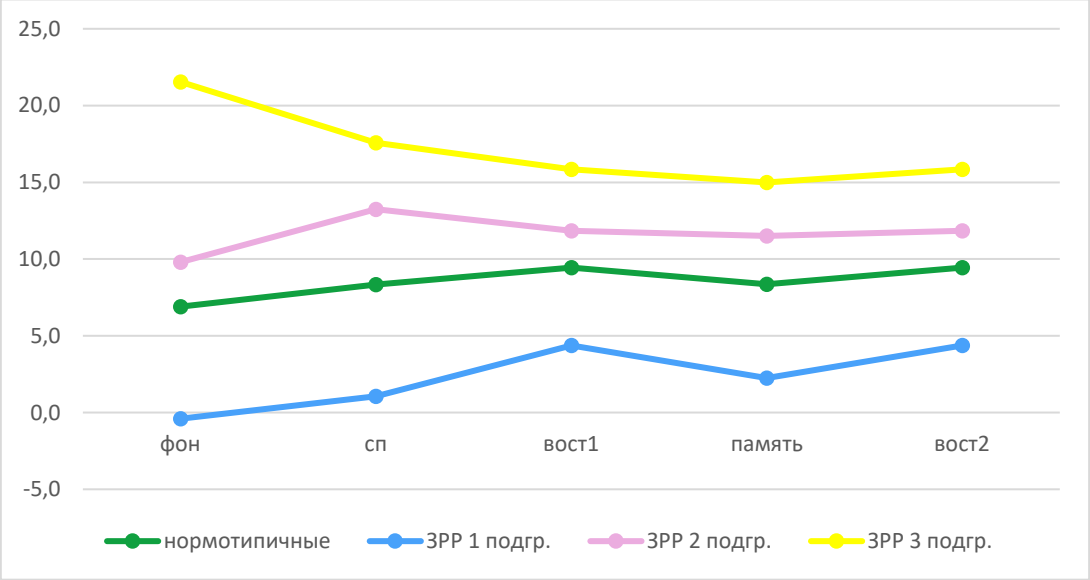

Рис. 3. Изменение нейроэнергообмена при когнитивных нагрузках у обследованных детей: фон – фоновые показатели нейроэнергообмена, сп – словесная проба, вост1 – восстановление после пробы, память – мнестическая проба, вост2 – запись восстановления через 2,5 мин.

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

При когнитивной нагрузке у детей с ЗРР 2-й подгруппы и группы сравнения энергозатраты мозга менялись несущественно (на 2 мВ), что указывает на достаточность энергоресурсов и нормальную адаптивную реакцию НС на эмоциональный стресс. У детей 1-й подгруппы наблюдалась экспрессия УПП (на 4,8 мВ). Такая реакция на превышение адаптационных возможнестей мозга характерна для начальной стадии стресса [4]. В то же время отмечена депрессия УПП во время функциональных проб, что указывает на нарушение адаптационных возможностей по типу «нагрузочного энергодефицита» [21]. У детей с ЗРР 3-й подгруппы УПП во время исследования постепенно снижался (до 70 %). Такая динамика характерна для энергетического истощения и приводит к снижению адаптационных возможностей мозга.

При анализе значений локальных УПП и активации отдельных областей мозга во время пробы быстрой словесности и мнестической пробы (табл. 3) у детей группы сравнения повышение НЭО отмечалось преимущественно в затылочной области. Это объяснялось тем, что в процессе выполнения заданий использовались визуальные стимулы в виде изображений. Также отмечалось повышение энергозатрат в лобной (на 2,9 мВ) и правой височной (на 1,7 мв) областях.

Таблица 3

Отклонения показателей УПП от фона в процессе когнитивной деятельности

	Речь				Память			
	Дети с ЗРР 1-я подгр.	Дети с ЗРР 2-я подгр.	Дети с ЗРР 3-я подгр.	Группа сравнения	Дети с ЗРР 1-я подгр.	Дети с ЗРР 2-я подгр.	Дети с ЗРР 3-я подгр.	Группа сравнения
Fpz	2,0	3,6*	0,8*	2,8	3,4	4,4*	-2,2*	2,9
Cz	1,3	1,5	-0,9	1,2	1,5	0,9	-4,2*	0,8
Oz	2,7	3,1	-4,0*	2,9	4,8*	2,9	-6,5*	3,5
Td	1,7	1,6	-4,1*	1,7	3,9*	-0,7*	-5,8*	1,6
Ts	1,7*	1,9*	-5,5*	0,4	2,1*	-0,1	-8,0*	0,0

Примечание. Указаны средние значения без отклонений в мВ. Статистическая значимость различий по критерию Стьюдента *p < 0,05.
Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

При сравнении изменения УПП группы детей с ЗРР с группой нормотипичных детей выявлены статистически значимые различия. В 1-й подгруппе детей с ЗРР зафиксировано статистически значимое увеличение УПП в левой височной области мозга во время выполнения речевой пробы. При выполнении мнестической пробы статистически значимое повышение УЭО в затылочной области, которое также затрагивало правую и левую височные области. Во 2-й подгруппе детей с ЗРР во время словесной пробы наблюдалось увеличение энергоактивности в лобной области, а также в левой височной области. В ходе мнестических проб у данной категории детей отмечалось снижение энергетической активности в правой

височной области, наряду с увеличением энергообмена в лобной области. В 3-й подгруппе отмечена статистически значимая депрессия УПП с наибольшим снижением НЭМ в левой височной области.

Таким образом, у дошкольников с ЗРР наблюдается нерациональное распределение энергетических ресурсов в процессе выполнения функциональных проб.

Процессы возбуждения и торможения в коре головного мозга контролируются подкорковыми структурами, образованными средним мозгом, ретикулярной формацией и лимбической системой [1, 17, 21]. Адекватный уровень активации коры, способствующий правильному развитию психических функций и высоким адаптивным возможностям ЦНС к концу дошкольного возраста ребенка, зафиксирован был у 22 % детей с ЗРР [3, 20]. Низкий уровень активации коры ГМ у детей с ЗРР, на фоне депрессии нейроэнергометаболизма способствовал снижению когнитивных функций. Нарушение адаптации к функциональным нагрузкам по типу «нагрузочного энергодефицита» приводит к быстрой утомляемости в процессе обучения. При гиперактивационном влиянии и повышенном уровне НЭМ фона когнитивная нагрузка приводит к быстрому истощению резервных возможностей ЦНС (табл. 2). Это подтверждает данные о том, что в ответ на требования, превышающие функциональные возможности, нейроны активируют защитные механизмы, такие как охранительное торможение. Такое состояние, определяемое как «энергодефицитное», является прогностически менее благоприятным при проведении коррекционных мероприятий [21, 22].

У преобладающего числа детей с ЗРР отмечен ассиметричный уровень активации коры (54 %), что может быть компенсаторным механизмом для преодоления имеющихся нарушений ЦНС [17, 19]. Нерациональное использование резервных возможностей мозга при таком активационном влиянии может привести к истощению и снижению некоторых психических функций, то есть к обкрадыванию одних отделов мозга за счет других. Выявленные отклонения УПП в центральных отделах мозга у детей с ЗРР с пониженным НЭМ подтверждают наличие нарушений в функциональном состоянии срединных структур головного мозга. У дошкольников с ЗРР с повышенным НЭМ установлено статистически значимое повышение УПП в затылочной и снижение УПП в височных областях, что указывает на дисфункции областей мозга, отвечающих за сенсорное восприятие, обработку и хранение поступающей информации. Полученные данные подтверждают положение о различных психофизиологических механизмах нарушений когнитивного развития у детей с ЗРР, обусловленных дефектами модулирующих систем мозга [15].

Заключение

Установлено, что у детей с задержками речевого развития имеются нарушения нормальной активации коры головного мозга с преобладанием ассиметричных модулирующих влияний подкорковыми структурами, приводящие к повышенной утомляемости в процессе когнитивной деятельности. Нарушения нейроэнергометаболизма затылочных, лобных и левовисочных отделов головного мозга у детей с ЗРР, вызывающие различные энергодефицитные состояния, могут являться основным патогенетическим звеном когнитивного дизонтогенеза у старших дошкольников с ЗРР. Энергодефицитное состояние, вызванное депрессией нейроэнергообмена у старших дошкольников с ЗРР, имеет более благоприятный прогноз в реабилитации когнитивных нарушений, чем у детей с повышенным нейрометаболизмом. Таким образом, выявленные нарушения нейроэнергометаболизма у детей с задержками речевого развития подчеркивают важность диагностики с целью индивидуализации маршрутов коррекции нарушений когнитивного развития.

Список литературы

1. Корсакова Н.К., Рощина И.Ф. К истории концепции А.Р. Лурии о трех структурно-функциональных блоках мозга человека // Медицинская психология в России. 2021. № 2. DOI: 10.24412/2219-8245-2021-2-3.
2. Шевченко О.И., Лахман О.Л. Взаимосвязь между нейропсихологическими показателями и уровнем постоянного потенциала у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов // Acta Biomedica Scientifica. 2021. № 1. С. 94-100. DOI: 10.29413/ABS.2021-6.1.14.
3. Шилов С.Н., Хабарова И.В., Бедерева Н.С. Особенности активации лобной коры головного мозга и нейроэнергометаболизма у младших школьников с задержкой психического развития // Журнал медико-биологических исследований. 2024. № 3. С. 358-367. DOI: 10.37482/2687-1491-Z201.
4. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Коновалов Р.Н., Медведев Р.Б., Лагодао В., Кротенкова М.В., Танашян М.М. Влияние связанной с изменением уровня постоянного потенциала нейросети на мнестические процессы больных хронической ишемией мозга // Асимметрия. 2023. Т. 17. №. 2. С. 25–31. DOI: 10.25692/ASY.2023.17.2.003. EDN: RVPEQH.
5. Максимова А.А., Максимов А.А., Силина Ю.М., Ясашный А.А. Нейроэнергокартирование: новый инструмент диагностики патофизиологических изменений центральной нервной системы у детей с нарушениями развития // Universum: медицина и фармакология. 2021. № 1 (74). С. 18-31. URL: https://7universum.com/ru/med/archive/item/11142 (дата обращения: 04.08.2025).

6. Дунаевская Э.Б. Особенности зрительно-пространственной рабочей памяти у детей с ограниченными возможностями здоровья с разным латеральным профилем // Комплексные исследования детства. 2024. № 3. С. 192-199. EDN RNUAWA. DOI: 10.33910/2687-0223-2024-6-3-192-199.

7. Безруких М.М. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка // Физиология человека. 2009. Т. 35. № 6. С. 10–24. EDN: KYGGYT.

8. Корчагина А.Н., Медведева Е.Ю. Современные представления о речевом мышлении у детей с общим недоразвитием речи // Проблемы современного педагогического образования. 2024. № 84–2. С. 206-209. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-predstavleniya-o-rechevom-myshlenii-u-detey-s-obschim-nedorazvitiem-rechi (дата обращения: 04.08.2025).

9. Sultan d. R.A., Fatima d. R.N. Attention modulation in reading. 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/profile/Naeem-Fatima/publication/388556362_Attention_Modulation_in_Reading_An_Analysis_of_Cognitive_Dynamics_through_Stories_in_English_Literature_and_Linguistics/links/679cea314c479b26c9c44ff2/Attention-Modulation-in-Reading-An-Analysis-of-Cognitive-Dynamics-through-Stories-in-English-Literature-and-Linguistics.pdf (дата обращения: 04.08.2025).

10. Chiang Y.C. et al. Cleverfox: Integrating Visual Mnemonics with AI for Enhanced Language Learning // International Conference on Multimedia Modeling. Singapore: Springer Nature Singapore. 2025. С. 112–118. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-96-2074-6_11 (дата обращения: 04.08.2025).

11. Зверева З.Ф., Ванчакова Н.П., Мирошник Е.В., Торубаров Ф.С. Методы оценки энергетических процессов головного мозга (обзор литературы) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т. 69. № 6.; URL: https://medradiol.fmbafmbc.ru/journal_medradiol/abstracts/2024/6/64-70.pdf (дата обращения: 04.08.2025). DOI: 10.33266/1024-6177-2024-69-6-64-70.

12. Liu J. et al. Functional characteristics of the frontal cortex during the verbal fluency task in subthreshold depression: A fnirs study // Journal of Affective Disorders. 2025.; URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165032725007517 (дата обращения: 04.08.2025).

13. Багиров Э.М. Динамическая омегаметрия мозга человека в практике космоэнергетических технологий // Евразийское Научное Объединение. 2021. № 3–2 (73). С. 132–134. EDN: EHXRJF.

14. Арзибеков А.Г., Арзикулов А.Ш. Диагностика сверхмедленных омега-потенциалов у школьников подростков с нарушением адаптации // Международный журнал научной

педиатрии. 2023. № 9.; URL: https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-sverhmedlennyh-omega-potentsialov-u-shkolnikov-podrostkov-s-narusheniem-adaptatsii (дата обращения: 04.08.2025).

15. Gribanov A.V., Shiryaeva T.P., Fateeva I.L., Fedotov D.M., Preminina O.S., Anoshina T.V. Functional activity of the brain among elderly women with different autonomic tones in the Arctic zone of the Russian Federation // Ekologiya cheloveka (Human Ecology). 2023. T. 30. № 3. C. 231–240.; URL: https://hum-ecol.ru/1728-0869/article/view/312586 (дата обращения: 04.08.2025).

16. Cachia A., Dupont C., Palmis S., Auzias G., Sein J., Coulon O., Longcamp M. The sulcal patterns of the occipito-temporal and anterior cingulate cortices influence reading and writing in children and adults // Cerebral Cortex. 2025. T. 35. № 6.; URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40534426 (дата обращения: 04.08.2025).

17. Анохина А.С., Шипачева Т.А. Исследование слухоречевой памяти у детей младшего школьного возраста с ЗПР // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 71–1.; URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sluhorechevoy-pamyati-u-detey-mladshego-shkolnogo-vozrasta-s-zpr (дата обращения: 04.08.2025).

18. Emelin A.Y., Odinak M.M., Lobzin V.Y., Kolmakova K.A. Comparative Characteristics of Neuropsychological and Neurometabolic Parameters in Patients with Alzheimer's Disease and Vascular Cognitive Impairment // Neuroscience and Behavioral Physiology. 2024. T. 54. № 6. C. 822–828.; URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11055-024-01684-w (дата обращения: 04.08.2025).

19. Xiong H. Critical importance of accurate diagnosis in treatable neurometabolic disorders: insights from a large Chinese cohort with glucose transporter-1 deficiency syndrome // World Journal of Pediatrics. 2025. C. 1–2.; URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s12519-025-00885-8 (дата обращения: 04.08.2025).

20. Устюжанин Д.В., Беляевская А.А., Морозова Я.В., Зашезова М.Х., Шария М.А., Кропотов Ю.Д. Исследование активации/деактивации коры головного мозга у пациентов с шизофренией с помощью функциональной МРТ // Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2021. Т. 11. № 2. С. 83–89.; URL: http://rejr.ru/volume/42/6.pdf (дата обращения: 04.08.2025).

21. Клендар В.А., Гросс Н.А., Корженевский А.Н. Влияние дозированной физической нагрузки на развитие функциональных возможностей у детей-инвалидов с различными уровнями моторных функций (gmfcs) по показателям анализа вариабельности сердечного ритма // Ученые записки университета Лесгафта. 2021. № 3 (193). С. 190-197. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.3.p190-197.

22. Павловская Т.С. Хроническая ишемия головного мозга: возможности патогенетической коррекции астенического синдрома и когнитивных нарушений // Рецепт.

2024. Т. 27. № 5.; URL: https://recipe.by/wp-content/uploads/2024/11/734-744_recipe_5-2024_v27.pdf (дата обращения: 04.08.2025).