

*ЕМЕЛЬЯНОВА Татьяна Валерьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории нейрофизиологии и высшей нервной деятельности института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 60 научных публикаций, в т. ч. одной монографии*

## ***ВЛИЯНИЕ ДИСФУНКЦИИ ФРОНТО-ТАЛАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗВИТИЕ РЕЧИ У ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ***

В работе изложены результаты исследования речевой функции у детей 7-8 лет с различной степенью зрелости фронто-таламической системы. При анализе сформированности структурных компонентов устной речи, вербальных операций и вербального мышления обнаружено статистически значимые более низкие показатели ( $p < 0,01-0,05$ ) фонематического восприятия, лексико-грамматического строя речи, связности и произвольной регуляции речи у первоклассников с ЭЭГ-признаками незрелости фронто-таламической системы. В ходе анализа полученных результатов выявлено, что дефицит фронто-таламической регуляторной системы приводит как к нарушению произвольности речи, так и к недостаточности отдельных звеньев речевой функции, проблемам с распознаванием стимулов при восприятии знаковой информации.

**Ключевые слова:** *фронто-таламическая система, нарушения речи, дети младшего школьного возраста.*

Созревание функциональных систем является необходимым условием для прогрессивного формирования высших психических функций (ВПФ) в процессе обучения. Одним из важнейших этапов в познавательном развитии ребенка является младший школьный возраст, характеризующийся качественными изменениями в базовых нейрофизиологических механизмах организации и произвольной

регуляции ВПФ, что во многом определяет успешность обучения в школе [1–3]. Вместе с тем многие исследователи отмечают увеличение числа детей 1-2 классов, испытывающих трудности в усвоении школьной программы [5, 9, 11, 12, 15–17]. Среди причин, вызывающих школьную неуспеваемость, исследователи называют незрелость мозговых структур органического или функционального генеза и не-

сформированность обеспечиваемых ими функциональных систем [1–4, 9–12, 18, 19]. Как отмечают специалисты, трудности обучения в младшем школьном возрасте во многом определяются незрелостью фронто-таламической системы (ФТС), основными составляющими элементами которой являются префронтальная кора лобной доли и медиодорзальное ядро таламуса, имеющее двухсторонние связи между собой и со структурами лимбической системы. Согласно современным нейрофизиологическим и психофизиологическим исследованиям, ФТС играет ведущую роль в обеспечении процессов регуляции и контроля. Последствием незрелости ФТС у детей 7–8 лет отмечают несформированность нейрофизиологических механизмов избирательной настройки мозга на обработку значимой информации в процессе когнитивной деятельности, импульсивность, неустойчивость в выполнении программы действий, а также трудности самоконтроля и произвольной регуляции деятельности [1–3, 7, 8]. Следовательно, дисфункция ФТС будет отражаться на успешности развития школьнозначимых психических функций, среди которых особое место занимает речь: сформированность ее отдельных компонентов определяет не только успешность овладения навыками чтения и письма, но и общую успеваемость учащихся. Вышесказанное определяет актуальность исследования влияния дисфункции ФТС у детей 7–8 лет на развитие речи.

**Материалы и методы.** Исследование речевой функции проводилось на базе средней общеобразовательной школы № 17 г. Архангельска. Всего обследовано 64 учащихся первых классов (средний возраст  $7,33 \pm 0,45$  года) с письменного согласия родителей и педагогов в первой половине дня. Все дети с медицинской точки зрения были практически здоровы, не имели органических поражений центральной нервной системы, а также выраженных отклонений психоневрологического статуса.

Регистрацию электроэнцефалограмм (ЭЭГ) проводили на 16-канальном электроэнцефалографе «Neuroscope-416» в состоянии спокой-

ного бодрствования с закрытыми глазами при гипервентиляции (1,5–2,5 мин) и ритмической фотостимуляции (РФС) в затылочных (О1, О2), теменных (Р3, Р4), центральных (С3, С4), височных (Т3, Т4), височно-теменно-затылочных (для удобства обозначенных Т5 и Т6) и лобных (F3, F4) отведений обоих полушарий с индифферентными ушными электродами. Локализацию отведений определяли по международной системе 10–20. Частота вспышек при РФС изменялась автоматически от 4 до 12 Гц с шагом в 1 Гц при длительности серии стимуляции 7 с и интервалом между сериями 10 с. Визуальный структурный анализ ЭЭГ с учетом критериев функциональной зрелости глубинных регуляторных систем мозга проводился с помощью автоматизированной системы «ЭЭГ-эксперт» [6].

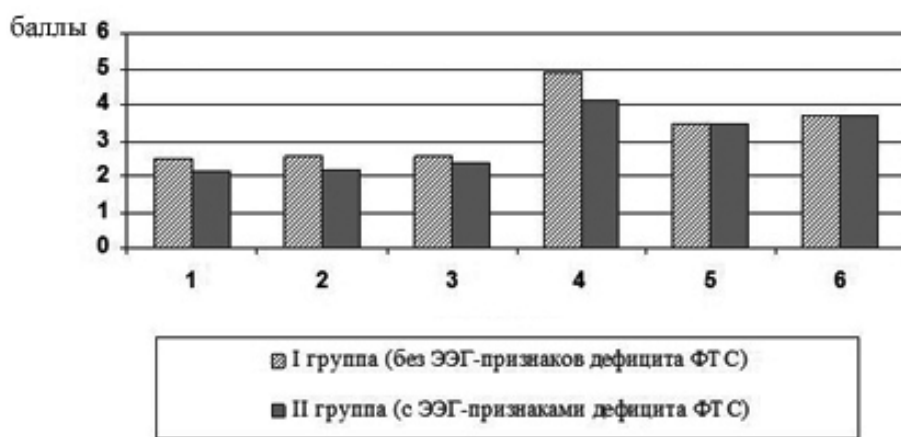
Качественная и количественная оценка разных сторон речевой функции проводилась по методике сокращенного варианта экспресс-диагностики устной речи Т.А. Фотековой, включающей изучение сенсомоторного, грамматического строя речи, словарного запаса, навыков словообразования, связности речи [14]. Анализ сформированности вербальных операций и вербального мышления проводился по методике Л.А. Ясюковой [16], включающей в себя серию заданий: «Речевой анализ-синтез», «Речевые антонимы», «Речевые аналогии», «Речевые классификации», «Произвольное владение речью».

Математический и статистический анализ результатов исследования проводился с применением пакета прикладных программ Microsoft Excel, SPSS 11.5 для Windows. В статистическую обработку результатов входил анализ распределения значений признаков и их числовых характеристик (средних величин, ошибки средней, стандартных отклонений). Сравнение двух выборок проводилось с применением параметрического t-критерия Стьюдента (Student). Различия считались статистически значимыми при величине вероятности ошибочного принятия нулевой гипотезы о равенстве генеральных средних  $p < 0,05$ . Для исследования структуры

взаимосвязей изучаемых переменных применялся корреляционный анализ с вычислением линейной корреляции Пирсона.

**Результаты и обсуждение.** Согласно данным, полученным в ходе структурного анализа суммарной ЭЭГ, обследованные дети были разделены на две группы: первая включала 44 учащихся без ЭЭГ-признаков незрелости ФТС, вторая группа объединила 20 младших школьников, у которых отмечались ЭЭГ-признаки дефицита ФТС: группы билатерально-синхронных медленных колебаний  $\theta$ -диапазона

не сочетающиеся с последующей частью предложения: «Мальчик открыл дверь и дверь открылась». Школьники с ЭЭГ-признаками незрелости ФТС, формулируя заключительную часть предложения, могли дать ответ, в котором отсутствует причинно-следственная связь: «Если завтра будет сильный мороз, то послезавтра будет тепло». Чаще их ответы были односложными, а не развернутыми («В комнате погас свет, потому что выключили»). По остальным показателям статистически значимых различий между группами не выявлено (рис. 1).



**Рис. 1.** Показатели развития речевых операций и вербального мышления (по Л.А. Ясюковой) в группах детей с разным уровнем функциональной зрелости ФТС: 1 – антонимы, 2 – анализ-синтез, 3 – аналогии, 4 – произвольное владение речью, 5 – продолжение ряда, 6 – обобщение

в лобных и центральных отделах, что подтверждает несовершенство связей между таламическими ассоциативными ядрами и лобной корой.

Анализ особенностей вербальных операций и вербального мышления выявил у школьников с ЭЭГ-признаками дефицита ФТС статистически более низкие ( $p < 0,05$ ) значения показателя «произвольное владение речью». При прослушивании предложений, содержащих ошибки, дети утверждали, что предложения правильные. Восстанавливая предложения с пропущенными частями речи, учащиеся часто вставляли слова не только в неверной форме, но и

Анализ сформированности структурных компонентов устной речи обнаружил у первоклассников второй группы по сравнению со школьниками первой статистически более низкие показатели ( $p < 0,01-0,05$ ) фонематического восприятия, лексико-грамматического строя речи и связности речи (рис. 2).

Учащиеся с ЭЭГ-признаками незрелости ФТС допускали ошибки при повторении двух пар слогов близких по звучанию (например, ба-па па-ба), а также двух серий из трех слогов (например, ца-са-ца са-ца-са), что указывает на дефицит фонематического слуха. Наибольшее

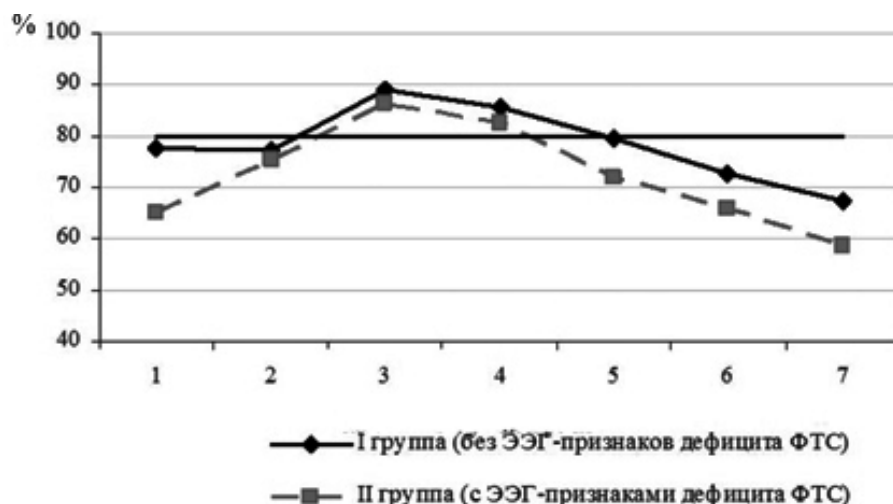


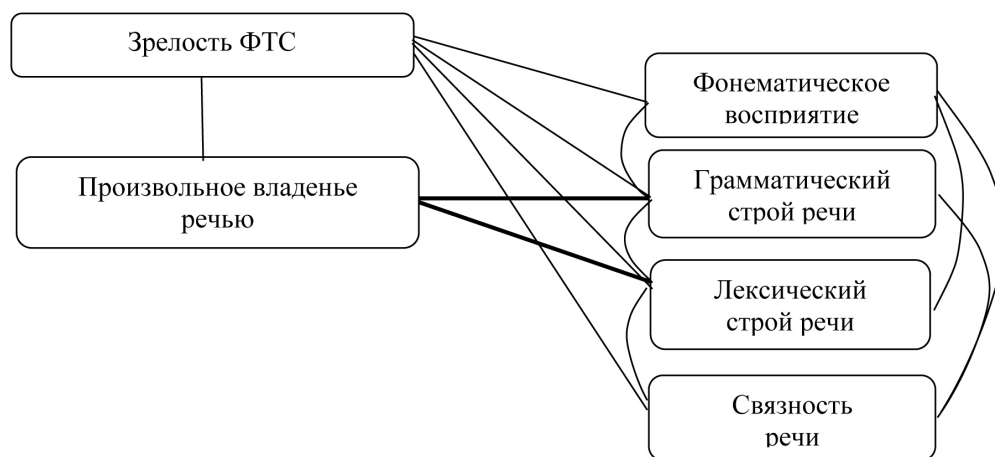
Рис. 2. Речевые профили в группах детей с разным уровнем функциональной зрелости ФТС (по средним значениям): 1 – фонематическое восприятие, 2 – артикуляция, 3 – звукопроизношение, 4 – звуко-слоговая структура слов, 5 – грамматический строй речи, 6 – лексический строй речи, 7 – связность речи

затруднение вызвало задание на составление предложений из слов, которые предоставляются в начальной форме (например: Петя, купить, шар, красный, мама). При составлении предложений дети допускали пропуски и замены слов, смысловые и грамматические нарушения, искажение порядка слов (например, «Бабушка грушу внучке давай». «Грушу бабушка внучке дает». «Петя купил шарф красный маме»). О недостаточности навыков словообразования, низком объеме словарного запаса, о дефиците общих знаний и сведений об окружающем мире свидетельствуют ошибки при выполнении задания на знание названий детенышей животных (например, детеныши собаки – «собачата», курицы – «курята», свиньи – «свинки», коровы – «жеребята», овцы – «овята»), затруднения при образовании качественных и притяжательных прилагательных от существительных (напр., дождь – «дождевой»; ветер – «ветерный»; снег – «холодный»; у собаки лапа собачья, а у волка – «волчачья»; у лисы – «лисичья»). При пересказе прочитанного текста и рассказе по серии сюжетных картинок у учащихся второй группы отмечалась

неадекватность использования лексических средств. Также для речи этих школьников были характерны: искажение смысла или выпадение смысловых звеньев, незавершенность, наличие аграмматизмов, стереотипность оформления рассказа.

При поступлении в школу ребенок оказывается в новых условиях, адаптация к которым создает нагрузку на нервную систему и предъявляет повышенные требования к ВПФ. Базовые школьно-значимые психические функции к семи годам должны характеризоваться произвольностью. Так, процесс обучения требует от детей произвольного владения речью, поскольку в условиях школы усложняется информационный обмен между учителем и учениками. Значимую роль в обеспечении произвольной регуляции речи играет ФТС, о чем свидетельствуют результаты корреляционного анализа (рис. 3), а также достоверно более низкие показатели произвольности речи у школьников с ЭЭГ-признаками дисфункции верхнестеблового генеза.

Незрелость ФТС отражается в дефиците фонематического слуха, определяющего разви-



**Рис. 3.** Корреляционные взаимосвязи зрелости ФТС с показателями произвольности и отдельных структурных компонентов речи у первоклассников: — —  $p < 0,0001$ ; - - -  $p < 0,05$

тие звукового анализа и разделяющего звуко-комплексы (сочетания звуков, слогов и слов) на составные элементы (фонемы). При этом фонематический слух относится к ведущим компонентам речевых процессов восприятия и производства речи, благодаря которому формируется система родного языка [10, 15]. Значимость фонематического восприятия в формировании структурных компонентов речи подтверждается результатами корреляционного анализа (рис. 3). Дефицит ФТС сопровождается также нарушением лексического строя речи, что выражается в сложностях выделения и понимания лексических единиц речи, в трудностях словоупотребления. Наши данные согласуются с ранее проведенными исследованиями Р.И. Мачинской и О.А. Семёновой [11], которые показали, что у детей 6-7 лет с ЭЭГ-признаками заинтересованности ФТС на фоне низкой работоспособности, быстро наступающего утомления отмечается снижение точности словоупотребления. Точность словоупотребления отражает умение подбирать слова, максимально соответствующие обозначаемым предметам или явлениям реальной действительности, содержанию высказывания и его целевому назначению. Успешное решение такой сложной

когнитивной задачи определяется зрелостью структур третьего функционального блока.

У школьников с ЭЭГ-признаками дисфункции ФТС также отмечались затруднения в понимании логико-грамматических отношений, в семантической обработке информации, в понимании внешнего содержания высказывания и подтекста. Известно, что ФТС взаимодействует со структурами второго функционального блока за счет обширных связей лобной коры с другими отделами коры головного мозга. При этом вторичные, височно-теменные, и третичные, теменно-височно-затылочные, отделы левого полушария совместно с лобной корой представляют собой функциональную систему, обеспечивающую понимание сложных грамматических конструкций, в которых отражаются отношения, а также конструкций, включающих сложные подчинения или дистантные компоненты. Следовательно, дисфункция ФТС, включающей один из элементов этой функциональной системы – лобную кору, будет негативно отражаться на формировании грамматического строя речи и ее связности, что и подтверждается проведенными исследованиями.

Таким образом, результаты исследования показали, что при дефиците фронто-талами-

ческой регуляторной системы наблюдается отставание в формировании произвольности речи, а также недостаточность отдельных звеньев речевой функции, таких как фонематического восприятие, лексико-грамматический строй речи и связность речи.

### Список литературы

1. Безруких М.М., Крещенко О.Ю. Особенности речевого развития и трудности обучения письму и чтению у школьников 1-х и 3-х классов // Нов. исследования. 2003. № 1. С. 68–77.
2. Безруких М.М., Логинова Е.С. Возрастная динамика психофизиологической структуры вербального и невербального интеллекта у детей 6-7 лет и 9-10 лет с разной успешностью обучения // Новые исследования. 2005. № 1. С. 18–31.
3. Безруких М.М., Мачинская Р.И., Сугрובה Г.А. Дифференцированное влияние функциональной зрелости коры и регуляторных структур мозга на показатели познавательной деятельности у детей 7-8 лет // Физиология человека. 1999. Т. 25, № 5. С. 14–21.
4. Джос Ю.С., Депутат И.С., Рысина Н.Н. Исследование нейропсихологических и социальных факторов у детей младшего школьного возраста с трудностями обучения и расстройствами поведения // Экология человека. 2011. № 7. С. 38–47.
5. Канжин А.В., Иорданова Ю.А. Проявление когнитивных стратегий в сенсомоторной деятельности у детей с СДВГ // Экология человека. 2010. № 11. С. 35–39.
6. Лукашевич И.П., Мачинская Р.И., Фишман М.Н. Диагностика функционального состояния мозга детей младшего школьного возраста с трудностями обучения // Физиология человека. 1994. Т. 20, № 5. С. 34–44.
7. Мачинская Р.И., Крупская Е.В. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста // Когнитивные исследования: сб. науч. тр. Вып. 2. М., 2008. С. 32–48.
8. Мачинская Р.И., Крупская Е.В. ЭЭГ-анализ функционального состояния глубинных регуляторных структур мозга у гиперактивных детей 7-8 лет // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 3. С. 122–124.
9. Очерки психофизиологии детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью: моногр. / А.В. Грибанов (отв. ред.), Ю.С. Джос, И.С. Депутат, М.Н. Панков, А.Н. Подоплёкин, Д.Н. Подоплёкин и др. Архангельск, 2009. 242 с.
10. Рысина Н.Н., Емельянова Т.В. Нейропсихологический подход в коррекции синдрома дефицита внимания с гиперактивностью у детей // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2014. № 1. С. 93–95.
11. Семёнова О.А., Мачинская Р.И. Нейропсихологический и нейрофизиологический анализ возрастных преобразований познавательных функций и рисков учебной дезадаптации в предшкольном возрасте // Нов. исследования. 2012. № 1(30). С. 45–73.
12. Соколова Л.В., Емельянова Т.В., Копосова Т.С. Особенности вербального развития первоклассников с разным уровнем сформированности речи // Экология человека. 2013. № 8. С. 38–44.
13. Фокин В.Ф., Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В. Интенсивность церебрального энергетического обмена: возможности его оценки электрофизиологическим методом // Вестн. РАМН. 2001. № 8. С. 38–43.
14. Фотекова Т.А. Тестовая методика диагностики устной речи младших школьников. М., 2000. 56 с.
15. Ястребова А.В. Преодоление общего недоразвития речи у учащихся начальных классов общеобразовательных учреждений. М., 2000. 120 с.
16. Ясюкова Л.А. Методика определения готовности к школе. Прогноз и профилактика проблем обучения в начальной школе: метод. руководство. СПб., 1999. 184 с.
17. Ясюкова Л.А. Оптимизация обучения и развития детей с ММД. Диагностика и компенсация минимальных мозговых дисфункций. СПб., 1997. 72 с.
18. Eckert M.A., Berninger V.W., Leonard Ch.M. et al. Anatomical Correlates of Dyslexia: Frontal and Cerebellar Findings // Brain. 2003. Vol. 126, № 2. P. 482–494.
19. Facioetti A., Lorusso M.L., Paganoni P. et al. Auditory and Visual Automatic Attention Deficits in Developmental Dyslexia // Brain Res. Cogn. Brain Res. 2003. Vol. 16, № 2. P. 185–191.

---

---

## References

1. Bezrukikh M.M., Kreshchenko O.Yu. Osobennosti rechevogo razvitiya i trudnosti obucheniya pis'mu i chteniyu u shkol'nikov 1-kh i 3-kh klassov [Speech Development and Difficulties Learning to Read and Write in Pupils of the 1st and 3rd Form]. *Novye issledovaniya*, 2003, no. 1, pp. 68–77.
2. Bezrukikh M.M., Loginova E.S. Vozrastnaya dinamika psikhofiziologicheskoy struktury verbal'nogo i neverbal'nogo intellekta u detey 6–7 let i 9–10 let s raznoy uspeshnost'yu obucheniya [Age-Related Dynamics of Psycho-Physiological Structure of Verbal and Non-Verbal Intelligence in Children Aged 6–7 and 9–10 Years with Varying Learning Success]. *Novye issledovaniya*, 2005, no. 1, pp. 18–31.
3. Bezrukikh M.M., Machinskaya R.I., Sugrobova G.A. Differentsirovanoe vliyanie funktsional'noy zrelosti kory i regulatorynykh struktur mozga na pokazateli poznavatel'noy deyatelnosti u detey 7-8 let [Differential Effect of Functional Maturity of the Cortex and Regulatory Brain Structures on Cognitive Activity in Children Aged 7–8 years]. *Fiziologiya cheloveka*, 1999, vol. 25, no. 5, pp. 14–21.
4. Dzhos Yu.S., Deputat I.S., Rysina N.N. Issledovanie neyropsikhologicheskikh i sotsial'nykh faktorov u detey mladshogo shkol'nogo vozrasta s trudnostyami obucheniya i rasstroystvami povedeniya [Role of Neuropsychological and Social Factors in Children at Primary School Age with Learning Disabilities and Behavior Disorders]. *Ekologiya cheloveka*, 2011, no. 7, pp. 38–47.
5. Kanzhin A.V., Iordanova Yu.A. Proyavlenie kognitivnykh strategiy v sensomotornoy deyatelnosti u detey s SDVG [Manifestation of Cognitive Strategies in Sensomotor Activity in Children with ADHD]. *Ekologiya cheloveka*, 2010, no. 11, pp. 35–39.
6. Lukashovich I.P., Machinskaya R.I., Fishman M.N. Diagnostika funktsional'nogo sostoyaniya mozga detey mladshogo shkol'nogo vozrasta s trudnostyami obucheniya [Diagnosis of the Functional State of the Brain in Primary School Children with Learning Disabilities]. *Fiziologiya cheloveka*, 1994, vol. 20, no. 5, pp. 34–44.
7. Machinskaya R.I., Krupskaya E.V. Sozrevanie regulatorynykh struktur mozga i organizatsiya vnimaniya u detey mladshogo shkol'nogo vozrasta [Maturation of Brain Regulatory Structures and Organization of Attention in Primary School Children]. *Kognitivnye issledovaniya: sb. nauch. tr.* [Cognitive Studies: Collected Papers]. Iss. 2. Moscow, 2008, pp. 32–48.
8. Machinskaya R.I., Krupskaya E.V. EEG-analiz funktsional'nogo sostoyaniya glubinnykh regulatorynykh struktur mozga u giperaktivnykh detey 7–8 let [EEG-analysis of the Functional State of Deep Regulatory Structures of the Brain in Hyperactive Children Aged 7–8 Years]. *Fiziologiya cheloveka*, 2001, vol. 27, no. 3, pp. 122–124.
9. Dzhos Yu. S., Deputat I. S., Pankov M. N., et al. *Ocherki psikhofiziologii detey s sindromom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu* [Essays on Psychophysiology of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. Arkhangel'sk, 2009. 242 p.
10. Rysina N.N., Emel'yanova T.V. Neyropsikhologicheskii podkhod v korrektsii sindroma defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu u detey [Neuropsychological Approach to Remediation of Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Children]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2014, no. 1, pp. 93–95.
11. Semenova O.A., Machinskaya R.I. Neyropsikhologicheskii i nefrofiziologicheskii analiz vozrastnykh preobrazovaniy poznavatel'nykh funktsiy i riskov uchebnoy dezadaptatsii v predshkol'nom vozraste [Neuropsychological and Neurophysiological Analysis of Age-Related Changes in Cognitive Functions and Risks of Learning Problems at Preschool Age]. *Novye issledovaniya*, 2012, no. 1 (30), pp. 45–73.
12. Sokolova L.V., Emel'yanova T.V., Kuposova T.S. Osobennosti verbal'nogo razvitiya pervoklassnikov s raznym urovnem sformirovannosti rechi [Features of Verbal Development of First-Graders with Different Level of Speech Formation]. *Ekologiya cheloveka*, 2013, no. 8, pp. 38–44.
13. Fokin V.F., Fokin V.F., Ponomareva N.V. Intensivnost' tserebral'nogo energeticheskogo obmena: vozmozhnosti ego otsenki elektrofiziologicheskimi metodami [Intensity of Cerebral Energy Metabolism: The Possibility of Its Assessment Using Electrophysiological Methods]. *Vestnik RAMN*, 2001, no. 8, pp. 38–43.
14. Fotekova T.A. *Testovaya metodika diagnostiki ustnoy rechi mladshikh shkol'nikov* [Test Method for Diagnosing Speech of Primary School Children]. Moscow, 2000. 56 p.
15. Yastrebova A.V. *Preodolenie obshchego nedorazvitiya rechi u uchashchikhsya nachal'nykh klassov obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniy* [Overcoming General Underdevelopment of Speech in Primary School Children]. Moscow, 2000. 120 p.

16. Yasyukova L.A. *Metodika opredeleniya gotovnosti k shkole. Prognoz i profilaktika problem obucheniya v nachal'noy shkole* [Method for Determining School Readiness. Prediction and Prevention of Learning Problems in Primary School]. St. Petersburg, 1999. 184 p.

17. Yasyukova L.A. *Optimizatsiya obucheniya i razvitiya detey s MMD. Diagnostika i kompensatsiya minimal'nykh mozgovykh disfunktsiy* [Optimization of Learning and Development of Children with Minimal Brain Dysfunction. Diagnosis and Compensation of Minimal Brain Dysfunctions]. St. Petersburg, 1997. 72 p.

18. Eckert M.A., Berninger V.W., Leonard Ch.M., et al. Anatomical Correlates of Dyslexia: Frontal and Cerebellar Findings. *Brain*, 2003, vol. 126, no. 2, pp. 482–494.

19. Facoetti A., Lorusso M.L., Paganoni P., et al. Auditory and Visual Automatic Attention Deficits in Developmental Dyslexia. *Brain Res. Cogn. Brain Res.*, 2003, vol. 16, no. 2, pp. 185–191.

***Emelyanova Tatyana Valeryevna***

Institute of Medical and Biological Research,

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

### **INFLUENCE OF FRONTO-THALAMIC SYSTEM DYSFUNCTION ON SPEECH DEVELOPMENT IN 7–8-YEAR-OLD CHILDREN**

The paper presents the results of the study on speech function in children aged 7–8 years with varying degrees of maturity of the fronto-thalamic system. Having analyzed the formation of structural components of speech, verbal operations and verbal thinking, we found significantly lower levels ( $p < 0,01-0,05$ ) of phonemic perception, lexical and grammatical speech structure, coherence and voluntary regulation of speech in first-graders with EEG signs of fronto-thalamic system dysfunction. The following conclusions were made: deficiency of the fronto-thalamic regulatory system has an adverse effect on voluntary speech and results in absence of certain units of speech function and problems with stimuli recognition when perceiving symbolic information.

**Keywords:** *fronto-thalamic system, speech disorders, primary school children.*

*Контактная информация:*

*адрес:* 163045, г. Архангельск, ул. Бадигина, д. 3;

*e-mail:* arapova82@mail.ru

Рецензент – *Соколова Л.В.*, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и морфологии человека института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова