

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗРЕЛОСТИ КОРЫ МОЗГА
У ПЕРВОКЛАСНИКОВ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ФАКТОРОВ РИСКА
В РАННЕМ РАЗВИТИИ¹**

*Е.В. Казакова**, *Л.В. Соколова**

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
(г. Архангельск)

Настоящее исследование посвящено изучению показателей функциональной зрелости коры головного мозга у детей 7-8 лет с факторами риска дизонтогенеза в предшкольный период. Представлены результаты анализа параметров зрелости коры головного мозга и анамнеза 41 первоклассника. Обобщенные данные анкетирования родителей и учителей с целью выявления особенностей развития ребенка до школы позволили выделить группы первоклассников с большим количеством факторов риска и без факторов риска в раннем развитии. Электроэнцефалограмму регистрировали в состоянии спокойного бодрствования и при функциональных нагрузках (фотостимуляция и гипервентиляция). Функциональная зрелость коры головного мозга ребенка оценивали с помощью компьютерной автоматизированной диагностической системы «ЭЭГ-эксперт». Качественный анализ электроэнцефалограммы обследуемых детей установил различия в развитии ритмогенных структур коры головного мозга. У школьников с большим количеством факторов риска обнаружено несоответствие возрастной норме характера альфа-ритма (65,0 % детей), а также его изменений при функциональных пробах. Среднегрупповые оценки всех показателей функциональной зрелости коры больших полушарий у таких детей были более низкими, что может служить информативным признаком отставания функциональной зрелости головного мозга. Наличие параметров «незрелого» основного фонового ритма электроэнцефалограммы является маркером риска трудностей в обучении и социализации на разных этапах развития ребенка. ЭЭГ-обследование на ранних стадиях онтогенеза дает возможность принимать своевременные меры к минимизации отклонений в развитии ребенка.

Ключевые слова: функциональная зрелость головного мозга, электроэнцефалограмма, факторы риска в раннем развитии, дизонтогенез, младший школьник.

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 17-06-00967 «Психологическое здоровье и когнитивная деятельность младших школьников с факторами риска дизонтогенеза в условиях современной образовательной среды» (2017–2019 годы)).

Ответственный за переписку: Казакова Елена Валерьевна, адрес: 163009, г. Архангельск, просп. Ленинградский, д. 40; e-mail: kaz-elena10@yandex.ru

Для цитирования: Казакова Е.В., Соколова Л.В. Основные характеристики функциональной зрелости коры мозга у первоклассников с большим количеством факторов риска в раннем развитии // Журн. мед.-биол. исследований. 2018. Т. 6, № 1. С. 14–24. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.14

Изучению состояния центральной нервной системы (ЦНС) в детском возрасте, в период становления функций высших отделов головного мозга, в настоящее время уделяется большое внимание [1]. Особенно это актуально для детей, имеющих в анамнезе неблагоприятное течение пери- и постнатального периодов, как практически здоровых на момент объективного осмотра, так и с нарушениями здоровья. Факторы риска, даже не приводящие к тяжелым повреждениям ЦНС, накладывают негативный отпечаток на развитие ребенка, прежде всего это выражается в изменении функций головного мозга [2–5]. Генетический потенциал и функциональная зрелость нейронного аппарата коры мозга служат основой для нормального протекания психических процессов, могут либо стимулировать, либо тормозить социализацию и регуляцию поведения ребенка в процессе обучения.

Развитие мозговых структур, формирование сложных функциональных связей в онтогенезе отражается в биоэлектрической активности коры мозга, в развитии ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Так, снижение с возрастом тета-ритма в ЭЭГ свидетельствует об уменьшении роли неспецифических подкорковых структур в электрогенезе, а увеличение выраженности альфа-ритма и формирование его пространственной организации отражают созревание коры больших полушарий. В динамике онтогенетических изменений основного ритма покоя – альфа-ритма – выделяют важные этапы, которые можно охарактеризовать как переломные: 6 и 9-10 лет. В период от 6 до 10 лет наблюдаются: изменение характера и усиление выраженности ведущей частоты основного ритма, уменьшение представленности медленноволновых компонентов, становление пространственной организации ритмических составляющих ЭЭГ покоя [6, 7]. Нейрофизиологические исследования И.П. Лукашевич с соавторами неоднократно подтверждали, что функциональная зрелость нейронного аппарата коры мозга находит отражение в качественных и

количественных характеристиках ЭЭГ [8, 9]. По мнению Н.Ю. Кожушко, особенности частотных характеристик альфа-ритма, его пространственной организации могут служить информативными признаками «незрелости» ЭЭГ соответственно возрасту [10].

Сложный многоэтапный процесс созревания ЦНС во многом зависит от особенностей развития ребенка. Неоднократно указывалось, что индивидуальные особенности развития вызваны не только генетическим потенциалом, но и воздействием факторов окружающей среды [3, 11, 12]. Н.Л. Горбачевская и соавторы провели комплексное обследование школьников с трудностями обучения, в результате которого были обнаружены ЭЭГ-паттерны и характерные нарушения когнитивного и социального развития детей, обусловленные генетически предопределенным развитием их нервной системы [13]. У детей с сенсорным дефицитом выявлена недостаточность формирования механизмов управляемой активации, что может быть обусловлено незрелостью системы активации мозга [14]. По данным ЭЭГ-обследования, дети с перинатальной патологией ЦНС в 22,6 % случаев имели выраженную задержку электрогенеза, а в 10,3 % случаев регистрировалась ЭЭГ с характерными патологическими феноменами [15].

Суммация факторов риска раннего дизонтогенеза усиливает отрицательное воздействие на ход физического, психического и интеллектуального развития ребенка по сравнению с монофакторным воздействием [14, 16, 17]. Значимость факторов по выраженности оказывает непосредственное влияние на темпы созревания и степень функциональной зрелости коры головного мозга, что проявляется в снижении когнитивных функций ребенка и впоследствии приводит к различным формам школьной дезадаптации [13, 17–19].

Целью настоящего исследования явилось изучение показателей функциональной зрелости коры больших полушарий головного мозга у первоклассников, имеющих в анамнезе большое количество факторов риска.

Материалы и методы. Обследовали первоклассников массовых общеобразовательных школ г. Архангельска. На первом этапе исследования для выявления наиболее часто встречающихся факторов риска раннего дизонтогенеза школьников использовали медицинские карты и анкеты, разработанные в НИИ возрастной физиологии Российской академии образования (ныне – Институт возрастной физиологии Российской академии образования). Анкетирование проводили в беседе с родителями и учителями. Анкета включала 3 блока, характеризующих особенности развития ребенка до школы: 1) течение беременности и родов матери, наличие наследственных факторов риска, особенности психофизиологического и морфофункционального развития ребенка до 1 года; 2) характеристики морфофункционального и психофизиологического развития в период от 1 года до 3 лет; 3) особенности развития в период от 3 до 7 лет. В каждом блоке определяли минимальное и максимальное количество факторов риска раннего дизонтогенеза. На основе данных изучения медико-социальных причин формирования отклонений в здоровье детей и подростков России² составляли прогностическую шкалу риска возникновения нарушений в состоянии здоровья детей. Согласно этой шкале для всех факторов риска в раннем развитии рассчитывали среднее значение (M) и стандартное отклонение (δ).

Данные расчеты позволили отнести ребенка к той или иной группе риска: наименьшего ($<M-\delta$), умеренного ($M\pm\delta$), повышенного ($>M+\delta$). Для дальнейшего исследования были выбраны две группы: контрольная (наименьшего риска) и экспериментальная (повышенного риска). В экспериментальную группу вошли 17 первоклассников (9 девочек

и 8 мальчиков) – дети с большим количеством факторов риска в анамнезе. В контрольную группу были включены 24 первоклассника (13 девочек и 11 мальчиков) – дети с минимальным количеством факторов риска в раннем онтогенезе и без них. Все дети (возраст от 7 до 8 лет) не имели в анамнезе органических повреждений ЦНС и выраженных неврологических нарушений.

На втором этапе осуществляли электрофизиологическое обследование детей, которое состояло в регистрации и последующем визуальном анализе ЭЭГ. Запись биоэлектрической активности мозга проводили на 16-канальном электроэнцефалографе «NeuroScope 416» производства НПФ «БИОЛА» (Россия) с частотой пропускания усилителей 0,1–35,0 Гц. Координаты отведений распределяли в соответствии с международной системой «10-20» от затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), центральных (C3, C4), передневисочных (T3, T4), задневисочных (T5, T6) и лобных (F3, F4) областей обоих полушарий (правое полушарие – нечетные обозначения, левое полушарие – четные обозначения) монополярно с ипсилатеральными ушными (A1, A2) электродами. ЭЭГ регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами и во время функциональных нагрузок: ритмической фотостимуляции (РФС) и гипервентиляции (ГВ). Частота вспышек при РФС изменялась автоматически от 4 до 12 Гц с шагом в 1 Гц при длительности серии стимуляции одной частоты 7 с и интервале между сериями 10 с. ГВ осуществлялась в течение 2 мин при глубоком и регулярном дыхании с закрытыми глазами в ритме приблизительно 20 раз в минуту.

Функциональную зрелость коры головного мозга ребенка оценивали с помощью компью-

²Оценка физического развития и состояния здоровья детей и подростков, изучение медико-социальных причин формирования отклонений в здоровье: метод. рекомендации (утв. Госкомсанэпиднадзором РФ 17.03.1996 № 01-19/31-17). URL: <http://rudocor.net/medicine2009/bz-fv/med-wqzuh/index.htm> (дата обращения: 30.05.2017).

терной автоматизированной диагностической системы «ЭЭГ-эксперт» [8]. В настоящем исследовании использовали систему ЭЭГ-признаков, определяющих функциональную зрелость коры [9], модифицированную в систему балльных оценок: 0 – несоответствие уровня развития электрогенеза коры возрастной норме; 1 – соответствие возрастной норме.

При обработке эмпирических данных проводили как количественный, так и качествен-

Результаты. Сопоставление результатов ЭЭГ-обследования учащихся г. Архангельска показало статистически значимые различия ($p < 0,001$) в частоте встречаемости ЭЭГ-показателей функциональной незрелости ритмогенных структур коры головного мозга среди представителей контрольной и экспериментальной групп (см. *таблицу*).

Анализ полученных результатов выявил несоответствие возрастной норме характера

**ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ЭЭГ-ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НЕЗРЕЛОСТИ КОРЫ МОЗГА (%)
У ОБСЛЕДОВАННЫХ ПЕРВОКЛАССНИКОВ ($M \pm m$)**

Показатель	Группа	
	контрольная ($n = 24$)	экспериментальная ($n = 17$)
Несоответствие возрастным нормам характера альфа-ритма	20,00±3,15	65,00±3,42
Отсутствие или недостаточная выраженность реакции основного ритма на ритмическую фотостимуляцию	8,33±2,70	29,41±4,46
Незрелый тип ориентировочной реакции	13,50±3,35	58,82±4,82
Отсутствие восстановления альфа-ритма после гипервентиляции в течение 0,5 мин	25,00±4,24	47,06±4,89

Примечание. Различия между группами значимы по критерию χ^2 Пирсона при $p < 0,001$.

ный анализ с применением пакета компьютерных программ «SPSS Statistics 22.00» для Windows. В статистическую обработку результатов входила оценка распределения признаков на нормальность с применением критерия Шапиро–Уилка. Для сравнения двух независимых выборок контрольной и экспериментальной групп при ненормальном распределении использовали непараметрический U -критерий Манна–Уитни. Для проверки гипотез о значимости различий между частотами оценок ЭЭГ-показателей двух независимых групп (контрольной и экспериментальной) применяли критерий χ^2 Пирсона.

альфа-ритма у (65,00±3,42) % первоклассников экспериментальной группы. Наблюдался нерегулярный, полиритмичный, фрагментарный альфа-ритм сниженной частоты – 6-7 Гц. У детей контрольной группы в (80,00±2,64) % преобладал заостренный, дезорганизованный или регулярный модулированный альфа-ритм; ведущая частота основного ритма находилась в диапазоне от 8 до 10 Гц (*рис. 1а*, см. с. 18).

Незрелость электрической активности коры головного мозга у первоклассников экспериментальной группы проявлялась не только в характере основного ритма покоя, но и в реакциях его на функциональные нагрузки.

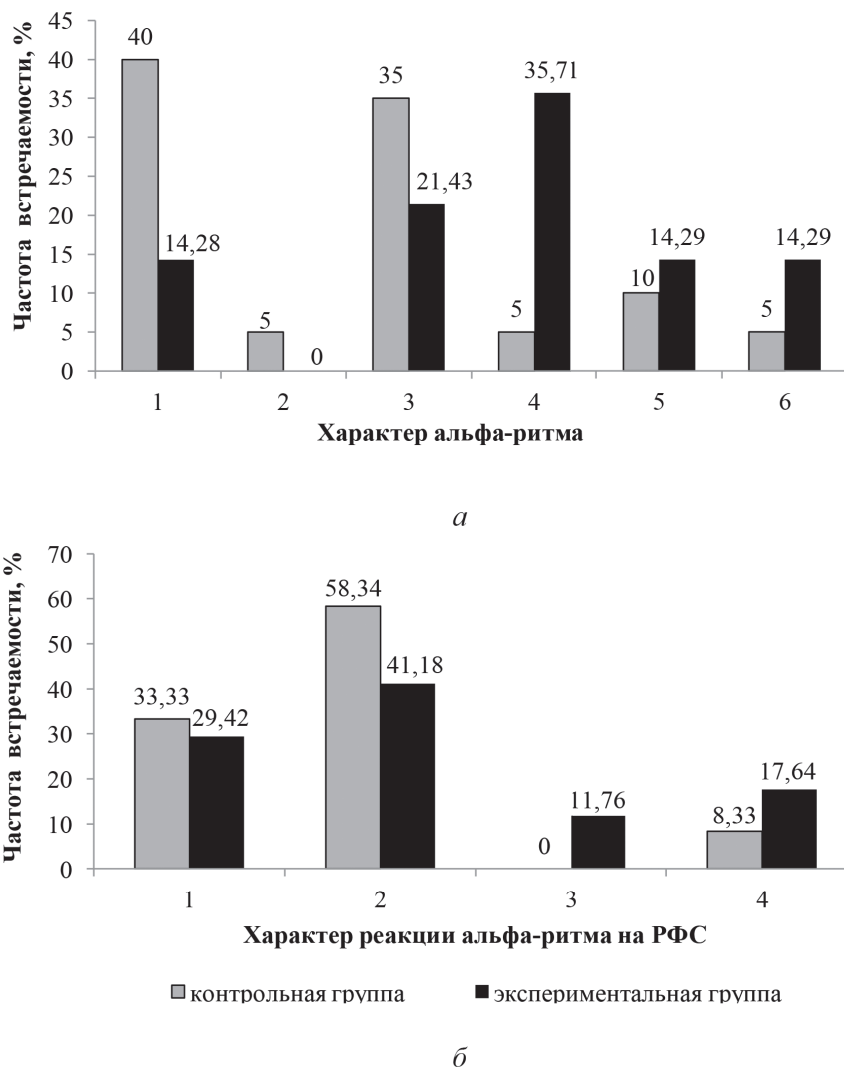


Рис. 1. Представленность различных вариантов параметров функциональной зрелости коры головного мозга у обследованных первоклассников: *а* – характер альфа-ритма: 1 – регулярный модулированный, 2 – заостренный, 3 – дезорганизованный, 4 – фрагментарный, 5 – полиритмичный, 6 – нерегулярный; *б* – характер реакции альфа-ритма на РФС: 1 – усвоение ритма в диапазоне альфа-частот 10–12 Гц, 2 – усвоение ритма в диапазоне альфа-частот 8–9 Гц, 3 – усвоение ритма 7 Гц изолированно или наряду с 4–6 Гц, 4 – отсутствие реакции усвоения

Так, у (29,41±4,46) % детей обнаружено следование ритму световых мельканий на частотах 4–6 и 7 Гц или отсутствие реакции усвоения (рис. 1б). Ориентировочная реакция (ОР)

в виде экзальтации альфа-ритма или появления низкочастотных составляющих электрической активности коры больших полушарий выявлена у (58,82±4,82) % таких школьников.

Изменения ЭЭГ, связанные с реакцией на ГВ, не исчезали в течение 0,5 мин после окончания процедуры у (47,06±4,89) % обследуемых данной группы.

Присвоение балльных оценок показателям, отражающим функциональную зрелость коры головного мозга, позволило провести сравнительный анализ данных обследуемых групп учащихся по выраженности соответствия электрогенеза коры мозга уровню возрастного развития. Среднегрупповые оценки всех показателей функциональной зрелости коры больших полушарий были более низкими у детей с большим количеством факторов риска в раннем развитии (рис. 2). У первоклассников контрольной группы по сравнению с показателя-

баний, отсутствие теменно-затылочного фокуса альфа-ритма. Реакция следования ритму наблюдалась в диапазоне сниженной частоты (6 Гц) при отсутствии усвоения частот в диапазоне 7–12 Гц. ОР слабо выражена. Отмечено длительное восстановление после ГВ (более 2 мин).

Обсуждение. Онтогенетические исследования биоэлектрической активности мозга приписывают альфа-ритму ведущее значение в формировании возрастной структуры ЭЭГ начиная с 3-4 лет. Качественные изменения коркового ритмогенеза наблюдаются в период от 5 до 8 лет. Так, переход от полиритмии к альфа-ритму с доминирующей частотой в диапазоне 8–10 Гц отмечается к 6-7 годам. Преоб-

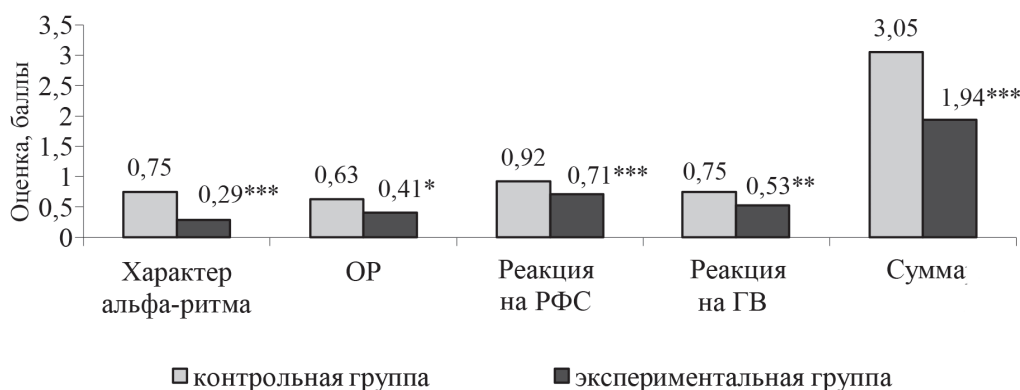


Рис. 2. Среднегрупповые оценки показателей функциональной зрелости коры головного мозга обследованных первоклассников (ОР – ориентировочная реакция, РФС – ритмическая фотостимуляция, ГВ – гипервентиляция; значимость различий по *U*-критерию Манна–Уитни: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$)

ми обследованных экспериментальной группы оценки параметров были выше: характер альфа-ритма – в 2,59 раза; ОР – в 1,54; реакция на РФС – в 1,30; реакция на ГВ – в 1,42; суммарная оценка – в 1,58.

На рис. 3, см. с. 20, представлена ЭЭГ покоя Вовы Д. из группы детей с большим количеством факторов риска в анамнезе. Выявлены преобладание полиритмичных коле-

ладание регулярного альфа-ритма и реакция усвоения в диапазоне 8–12 Гц устанавливаются к 7-8 годам. К этому же возрасту достигает определенной степени зрелости и система неспецифической активации, что проявляется в формировании реакции активации в виде десинхронизации альфа-ритма [7].

Проведенный в настоящем исследовании анализ ЭЭГ первоклассников с большим коли-



Рис. 3. Электроэнцефалограмма покоя первоклассника Вовы Д. из группы детей с большим количеством факторов риска раннего дизонтогенеза (O1, O2 – затылочные, P3, P4 – теменные, C3, C4 – центральные, T3, T4 – передневисочные, T5, T6 – задневисочные, F3, F4 – лобные отведения левого (четные) и правого (нечетные) полушарий; A1, A2 – индифферентные ушные электроды)

чеством факторов риска в анамнезе показал, что основной ритм покоя отличался несформированностью и сниженной частотой, зафиксировано отсутствие следования ритму световых мельканий на частоте 8–12 Гц. Такой характер биоэлектрической активности согласно критериям, отражающим зрелость коры мозга [9], является для 7-8-летних школьников признаком функциональной незрелости ритмогенных систем коры и присущ преимущественно детям более раннего возраста [4, 6, 17]. Четкие различия, выявленные при сравнении среднегрупповых оценок показателей функциональной зрелости коры мозга, позволяют предположить, что описанные выше особенности ритмогенеза являются следствием более медленного формирования нейрогенных структур у первоклассников группы

повышенного риска. Сочетанное действие повреждающих факторов в ante- и постнатальный периоды увеличивает вероятность риска нарушения структурных и функциональных нейроонтогенетических преобразований различных отделов мозга, микроциркуляции сосудистого русла, метаболических процессов, протекающих в ЦНС [3].

Согласно литературным данным, у детей с факторами риска ЭЭГ может соответствовать возрастной норме, сопровождаться патологическими проявлениями либо нести признаки измененного состояния корково-подкорковых взаимоотношений и разбалансировки в регуляторных системах ЦНС [19]. Однако следует учитывать, что ЭЭГ, в силу своей нозологической неспецифичности, отражает лишь часть нейрофизиологических механизмов, обеспечи-

вающих формирование высших психических функций [10].

Ярким примером сочетанного воздействия факторов риска на когнитивное развитие являются данные обследования Вовы Д. В анамнезе мальчика зарегистрировано большое количество факторов риска раннего дизонтогенеза: анемия матери во время беременности, принятие лекарственных средств во время беременности, курение матери во время беременности, токсикоз матери I половины беременности, перинатальная гипоксия и недоношенность плода, искусственное вскармливание с рождения ребенка. Результаты анализа ЭЭГ Вовы Д. свидетельствуют о функциональной незрелости структур коры головного мозга. По всей вероятности, имеющиеся в анамнезе ребенка факторы риска могли оказать негативное действие на формирование нейронных структур мозга на разных этапах предшкольного развития (начиная с внутриутробного). Подтверждением несформированности мозговых механизмов, обеспечивающих интегративную деятельность мозга, является поведенческая характеристика школьника: низкий уровень развития произвольности, нестабильность внимания, трудности зрительно-пространственного восприятия и в освоении школьных навыков.

Таким образом, результаты настоящего исследования иллюстрируют, что наличие большого количества факторов риска в раннем развитии негативно влияет на функциональную зрелость головного мозга ребенка. У обследованных первоклассников с большим количеством факторов риска в анамнезе обнаружено несоответствие возрастной норме характера альфа-ритма, а также его изменений при функциональных пробах. Наличие параметров «незрелого» основного фонового ритма ЭЭГ может являться маркером риска трудностей в обучении и социализации ребенка на разных этапах развития. ЭЭГ-обследование на ранних стадиях онтогенеза дает возможность принимать своевременные меры к минимизации отклонений развития ребенка.

Дети с повышенным риском раннего дизонтогенеза имеют возможность достичь нормального уровня психофизиологического и психического развития при благоприятных психосоциальных условиях. Известно, что детский организм обладает большими компенсаторными возможностями и при своевременной организации коррекционной помощи ребенку ряд отрицательных факторов может оставаться лишь данными анамнеза.

Список литературы

1. 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.
2. Кожушко Н.Ю., Пономарев В.А., Матвеев Ю.К., Евдокимов С.А. Возрастные особенности формирования биоэлектрической активности мозга у детей с отдаленными последствиями перинатального поражения ЦНС. Сообщение II. Типология ЭЭГ в норме и при нарушениях психического развития // Физиология человека. 2011. Т. 37, № 3. С. 5–12.
3. Парцалис Е.М. Факторы риска нарушения когнитивного развития у детей (обзор) // Новые исследования. 2013. № 2(35). С. 4–22.
4. Соколова Л.В., Казакова Е.В. Влияние факторов риска раннего дизонтогенеза на функциональную зрелость коры больших полушарий головного мозга у детей-северян // Ребенок в условиях Европейского Севера. Морфофункциональный статус: моногр. Германия, Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH and Co. KG, 2011. С. 112–125.
5. Touwen B.C., Hadders-Algra M., Huisjes H.J. Hypotonia at Six Years in Prematurely-Born or Small-for-Gestational-Age Children // Early Hum. Dev. 1988. Vol. 17, № 1. P. 79–88.

6. Мачинская Р.И., Лукашевич И.П., Фишман М.Н. Динамика электрической активности мозга у детей 5-8-летнего возраста в норме и при трудностях обучения // Физиология человека. 1997. Т. 23, № 5. С. 5–11.

7. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Горев А.С., Дубровинская Н.В., Мачинская Р.И. Функциональная организация развивающегося мозга в формировании когнитивной деятельности // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. М., 2000. С. 82–105.

8. Лукашевич И.П., Мачинская Р.И., Фишман М.Н. Автоматизированная диагностическая система «ЭЭГ-эксперт» // Мед. техника. 1999. № 6. С. 29–34.

9. Лукашевич И.П., Фишман М.Н., Мачинская Р.И. Исследование нейрофизиологических механизмов задержки психического развития у детей. Структурный анализ ЭЭГ // Физиология человека. 1998. Т. 24, № 1. С. 16–20.

10. Кожушко Н.Ю. Информативные признаки электроэнцефалограммы у детей с нарушениями психического развития перинатального генеза // Вестн. Иванов. мед. акад. 2014. Т. 19, № 4. С. 36–40.

11. Казанцева Е.В. Течение беременности, патогенез и профилактика задержки роста плода, обусловленной неблагоприятным влиянием антропогенных химических веществ: дис. ... д-ра мед. наук. М., 2017. 227 с.

12. Тонкова-Ямпольская Р.В. Состояние здоровья детей с учетом факторов анте- и постнатального риска // Рос. педиатр. журн. 2002. № 1. С. 61–62.

13. Горбачевская Н.Л., Давыдова Е.Ю., Петрова С.О., Тюшкевич С.А., Пашкевич О.И. Роль биологических и социальных факторов в успешности школьного обучения // Физиология человека. 2010. Т. 36, № 3. С. 66–73.

14. Григорьева Л.П. Влияние факторов депривации на перцептивно-когнитивное развитие детей // Вестн. МГЛУ. 2014. № 16(702). С. 128–137.

15. Королева Н.В., Колесников С.И., Долгих В.В. Корреляционные взаимосвязи между электроэнцефалографическими показателями у детей в зависимости от типа электроэнцефалограммы // Ультразв. и функц. диагностика. 2001. № 2. С. 122–132.

16. Безруких М.М., Фарбер Д.А. Актуальные проблемы физиологии развития ребенка // Новые исследования. 2014. № 3(40). С. 4–19.

17. 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.

18. Кравцов Ю.И., Корюкина И.П., Калашикова Т.П. Клинические и нейропсихологические проявления дезадаптации у детей с отягощенным перинатальным анамнезом // Рос. педиатр. журн. 2001. № 4. С. 14–17.

19. Королева Н.В., Колесников С.И., Долгих В.В. Биоэлектрическая активность головного мозга у практически здоровых детей-дошкольников, перенесших перинатальное поражение ЦНС // Рос. педиатр. журн. 2003. № 6. С. 15–20.

References

1. Bezrukikh M.M., Machinskaya R.I., Sugrobova G.A. Differentsirovannoe vliyanie funktsional'noy zrelosti kory i regulatorynykh struktur mozga na pokazateli poznavatel'noy deyatel'nosti 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.

2. Kozhushko N.Yu., Ponomarev V.A., Matveev Yu.K., Evdokimov S.A. Developmental Features of the Formation of the Brain's Bioelectrical Activity in Children with Remote Consequences of a Perinatal Lesion of the CNS: II. EEG Typology in Health and Mental Disorders. *Human Physiology*, 2011, vol. 37, no. 3, pp. 271–277.

3. Partsalis E.M. Faktory riska narusheniya kognitivnogo razvitiya u detey (obzor) [Risk Factors of Violation of Cognitive Development in Children]. *Novye issledovaniya*, 2013, no. 2, pp. 4–22.

4. Sokolova L.V., Kazakova E.V. Vliyanie faktorov riska rannego dizontogeneza na funktsional'nuyu zrelost' kory bol'shikh polushariy golovnoy mozga u detey-severyan [Influence of Risk Factors of Early Dysontogenesis on Functional Maturity of Cerebral Cortex in Children Living in the North]. *Rebenok v usloviyakh Evropeyskogo Severa. Morfofunktsional'nyy status* [A Child in the European North. Morphofunctional Status]. Saarbrücken, 2011, pp. 112–125.

5. Touwen B.C., Hadders-Algra M., Huisjes H.J. Hypotonia at Six Years in Prematurely-Born or Small-for-Gestational-Age Children. *Early Hum. Dev.*, 1988, vol. 17, no. 1, pp. 79–88.
6. Machinskaya R.I., Lukashovich I.P., Fishman M.N. Dinamika elektricheskoy aktivnosti mozga u detey 5-8-letnego vozrasta v norme i pri trudnostyakh obucheniya [Dynamics of Brain Electric Activity in Healthy Children Aged 5–8 Years and Their Peers with Learning Disabilities]. *Fiziologiya cheloveka*, 1997, vol. 23, no. 5, pp. 5–11.
7. Farber D.A., Beteleva T.G., Gorev A.S., Dubrovinskaya N.V., Machinskaya R.I. Funktsional'naya organizatsiya razvivayushchegosya mozga v formirovaniy kognitivnoy deyatelnosti [Functional Organization of the Developing Brain in the Formation of Cognitive Activity]. Bezrukikh M.M., Farber D.A. (eds.). *Fiziologiya razvitiya rebenka: teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Physiology of Child Development: Theoretical and Applied Aspects]. Moscow, 2000, pp. 82–105.
8. Lukashovich I.P., Machinskaya R.I., Fishman M.N. Avtomatizirovannaya diagnosticheskaya sistema "EEG-ekspert" [EEG-Expert Automated Diagnostic System]. *Meditsinskaya tekhnika*, 1999, no. 6, pp. 29–34.
9. Lukashovich I.P., Fishman M.N., Machinskaya R.I. Issledovanie neyrofiziologicheskikh mekhanizmov zaderzhki psikhicheskogo razvitiya u detey. Strukturnyy analiz EEG [Study of Neurophysiological Mechanisms of Mental Retardation in Children. Structural EEG Analysis]. *Fiziologiya cheloveka*, 1998, vol. 24, no. 1, pp. 16–20.
10. Kozhushko N.Yu. Informativnye priznaki elektroentsefalogrammy u detey s narusheniyami psikhicheskogo razvitiya perinatal'nogo geneza [Electroencephalography Informative Signs in Children with Psychic Development Disorders of Perinatal Genesis]. *Vestnik Ivanovskoy meditsinskoy akademii*, 2014, vol. 19, no. 4, pp. 36–40.
11. Kazantseva E.V. *Techenie beremennosti, patogenez i profilaktika zaderzhki rosta ploda, obuslovlennoy neblagopriyatnym vliyaniem antropogennykh khimicheskikh veshchestv* [Course of Pregnancy, Pathogenesis and Prevention of Fetal Growth Retardation Caused by Adverse Effects of Anthropogenic Chemicals]. Moscow, 2017. 227 p.
12. Tonkova-Yampol'skaya R.V. Sostoyanie zdorov'ya detey s uchetom faktorov ante- i postnatal'nogo riska [The State of Children's Health Taking into Account Ante- and Postnatal Risk Factors]. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*, 2002, no. 1, pp. 61–62.
13. Gorbachevskaya N.L., Davydova E.Yu., Petrova S.O., Tyushkevich S.A., Pashkevich O.I. The Importance of Biological and Social Factors for Academic Performance. *Human Physiology*, 2010, vol. 36, no. 3, pp. 66–73.
14. Grigor'eva L.P. Vliyanie faktorov deprivatsii na pertseptivno-kognitivnoe razvitie detey [Influence of Deprivation Effects on Perceptual/Cognitive Development in Children]. *Vestnik MGLU*, 2014, no. 16, pp. 305–311.
15. Koroleva N.V., Kolesnikov S.I., Dolgikh V.V. Korrelyatsionnye vzaimosvyazi mezhdru elektroentsefalograficheskimi pokazatelyami u detey v zavisimosti ot tipa elektroentsefalogrammy [Correlation Relationships Between Electroencephalographic Parameters in Children Depending on the Type of Electroencephalogram]. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*, 2001, no. 2, pp. 122–132.
16. Bezrukikh M.M., Farber D.A. Aktual'nye problemy fiziologii razvitiya rebenka [Current Issues of Child Developmental Physiology]. *Novye issledovaniya*, 2014, no. 3, pp. 4–19.
17. Machinskaya R.I., Krupskaya E.V. EEG-analiz funktsional'nogo sostoyaniya glubinykh 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.
18. Kravtsov Yu.I., Koryukina I.P., Kalashnikova T.P. Klinicheskie i neyropsikhologicheskie proyavleniya dezadaptatsii u detey s otyagoshchennym perinatal'nym anamnezom [Clinical and Neuropsychological Manifestations of Maladaptation in Children with Burdened Perinatal History]. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*, 2001, no. 4, pp. 14–17.
19. Koroleva N.V., Kolesnikov S.I., Dolgikh V.V. Bioelektricheskaya aktivnost' golovnogogo mozga u prakticheskii zdorovykh detey-doshkol'nikov, pereneshikh perinatal'noe porazhenie TsNS [Brain Bioelectric Activity in Practically Healthy Preschool Children with Perinatal CNS Damage]. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*, 2003, no. 6, pp. 15–20.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.14

*Elena V. Kazakova**, *Lyudmila V. Sokolova**

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

**KEY FEATURES OF FUNCTIONAL MATURITY
OF THE CEREBRAL CORTEX IN CHILDREN
WITH MULTIPLE RISK FACTORS DURING EARLY DEVELOPMENT**

This research deals with functional maturity of the cerebral cortex in children aged 7–8 years with dysontogenetic risk factors during the preschool period. The paper analysed the parameters of brain maturity and the medical history of 41 first formers. The summarized data of the parents' and teachers' questionnaires aiming to reveal peculiarities of child development in the preschool period allowed us to identify groups of first formers with multiple risk factors and without risk factors in their early development. Electroencephalograms were recorded in the state of quiet wakefulness and at functional loads (photostimulation and hyperventilation). Functional maturity of the cerebral cortex was evaluated using the EEG-ekspert computer-aided diagnostic system. The qualitative analysis of the children's electroencephalograms showed differences in the development of rhythmogenic structures of the cerebral cortex. In schoolchildren with multiple risk factors, the nature of the alpha rhythm (in 65.0 % of the children) and its changes at the functional tests deviated from the age norm. The mean values of all cortical maturity parameters in each group were lower, which can indicate lagging functional maturation of the cerebral cortex. Parameters of immature basic background EEG rhythm are a risk marker for difficulties with learning or socialization at various stages of a child's development. EEG tests at the early stages of ontogenesis allow us to take timely measures in order to minimize potential deviations in child development.

Keywords: *brain functional maturity, electroencephalogram, risk factors in early development, dysontogenesis, primary school children.*

Поступила 19.07.2017
Received 19 July 2017

Corresponding author: Elena Kazakova, *address:* prosp. Leningradskiy 40, Arkhangelsk, 163009, Russian Federation; *e-mail:* kaz-elena10@yandex.ru

For citation: Kazakova E.V., Sokolova L.V. Key Features of Functional Maturity of the Cerebral Cortex in Children with Multiple Risk Factors During Early Development. *Journal of Medical and Biological Research*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 14–24. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.14