

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК: 159.922.74, 612.821

РАЗВИТИЕ ФУНКЦИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ У ДЕТЕЙ 7—9 ЛЕТ

Т. В. Ахутина, А. А. Корнеев, Е. Ю. Матвеева

Работа посвящена нейропсихологическому анализу развития функций программирования и контроля (управляющих функций) у детей младшего школьного возраста. В исследовании приняли участие 117 первоклассников (возраст 7.62 ± 0.45 года) и 86 третьеклассников (возраст 9.64 ± 0.4 года) с различной успешностью освоения школьной программы. Оценка состояния управляющих функций проводилась с помощью нейропсихологического обследования и трех компьютерных методик: “Dots”, таблицы Шульте, графомоторная проба. Анализ полученных данных показал хорошую согласованность различных методов оценки. Обнаружено, что от 7 к 9 годам результаты выполнения проб значительно улучшаются, особенно в заданиях с максимальной нагрузкой на управляющие функции. Увеличение темпа выполнения заданий, уменьшение количества ошибок от первого к третьему классу свидетельствуют о заметном развитии функций программирования и контроля. Дополнение нейропсихического обследования компьютерными методиками позволяет более дифференцированно оценивать состояние функций программирования и контроля у детей младшего школьного возраста. Сочетанное использование нейропсихологического

Ахутина Татьяна Васильевна — доктор психологических наук, заведующая лабораторией нейропсихологии ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail*: akhutina@mail.ru

Корнеев Алексей Андреевич — кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории нейропсихологии ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail*: korneeff@gmail.com

Матвеева Екатерина Юрьевна — кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории нейропсихологии ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail*: obukhova1@yandex.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РФНФ, проект № 13-36-01050.

обследования и компьютерных методик может оказаться достаточно хорошим средством оценки риска возникновения трудностей обучения у младших школьников.

Ключевые слова: детская нейропсихология, управляющие функции, III блок мозга, младшие школьники.

Введение

Одним из популярных направлений в современной когнитивной нейронауке (в том числе и в нейропсихологии) является изучение функций программирования и контроля деятельности. Отметим, что в западной психологии эти функции обозначаются термином «управляющие» (*executive functions*). На данный момент точное соответствие обоих терминов не вполне прояснено, однако их синонимичное использование общепринято, и мы будем следовать этой традиции в нашей работе. Исследования включают анализ формирования этих функций и их нарушений при поражениях мозга (Ахутина, Пылаева, 2008; Корсакова, Московичюте, 1985; Лурия, 1973; Мачинская, Дубровинская, 1996; Хомская, 1987; Anderson, 2002; Brocki, Bohlin, 2004; Davidson et al., 2006; De Luca, Leventer, 2008). Указанные функции опираются на работу нейронной сети, ведущую роль в которой играют префронтальные отделы коры (Лурия, 1973; Anderson et al., 2008).

В систему управляющих функций принято включать способность к торможению неадекватного действия (*inhibitory control*), возможность переключения (*cognitive flexibility*) и рабочую память (*working memory*), т.е. способность сохранять и преобразовывать информацию для управления поведенческим ответом на событие и/или для осуществления когнитивных операций (Miyake et al., 2000).

Интерес исследователей к онтогенезу управляющих функций (см. ссылки выше, а также: Henry, Bettenay, 2010; Jurado, Rosselli, 2007; Mulder et al., 2009) обусловлен не только теоретическими задачами. Важно, что развитие этих функций имеет решающее значение для успеха ребенка не только в школе, но и в дальнейшей жизни. Так, степень развития этих функций в гораздо большей степени, чем коэффициент умственного развития (*IQ*) или начальные навыки чтения и математического счета, определяет готовность ребенка к школе (Blair, Razza, 2007; McClelland et al., 2000; Rimm-Kaufman et al., 2000). Степень развития рабочей памяти и умения оттормаживать неадекватные действия являются хорошими предикторами успехов в чтении и математике от детского сада до

средней школы (Blair, Razza, 2007; Bull, Scerif, 2001). Отставание в развитии этих функций — одна из основных причин трудностей обучения (Ахутина, Пылаева, 2015; Полонская, 2003; Пылаева, 1998; Хотылева, 2006).

Однако, несмотря на высокий интерес исследователей к проблеме управляющих функций, их структуре и развитию, до настоящего времени знания о специфике созревания различных компонентов этой функциональной системы недостаточны. Больше освещены психофизиологические аспекты проблемы, тогда как поведенческий аспект описан фрагментарно, в частности, отсутствует информация об особенностях операций внимания во многих возрастах. Исследования управляющих функций в детском возрасте в основном были призваны «нащупать» возрастную границу, после которой функциональная активность мозга ребенка начинает совпадать с функциональной активностью мозга здорового взрослого человека при выполнении ими сходных задач. В результате возрастные особенности функций программирования и контроля, а также их онтогенетическая динамика остаются недостаточно изученными.

В этом контексте следует отметить, что в последнее время активно развиваются и используются компьютерные методики исследования (Ballard, 1996; Ploog, 2013), диагностики (Glenat et al., 2008; Hartman; 2008; Klimkeit et al., 2004; Roskos et al., 2014; Titov, Knight, 2005;) и коррекции (Lim et al., 2012; Lundqvist et al., 2010; Saleem et al., 2014) нарушений развития *высших психических функций* (ВПФ). Создаваемые методики позволяют получать более точные и полные данные не только при проведении экспериментов, но и при обследовании детей или больных (Rabin, Glasgow, 2012; Strauss et al., 2006). Помимо создания новых компьютерных методик также происходит компьютеризация уже существующих (например, пакета *NEPSY-II* — см.: Brooks et al., 2009), проводится сравнение известной компьютерной системы *CANTAB* с методиками традиционного нейропсихологического обследования (Smith et al., 2013) и т.д. В отечественной нейропсихологии наблюдается недостаток разработок подобного рода. В рамках статьи будут продемонстрированы возможности созданных нами компьютерных методов для оценки состояния функций произвольной регуляции.

Целью настоящей работы стало исследование особенностей возрастной динамики функций программирования и контроля деятельности (функций III блока мозга, по А.Р. Лурия, 1973) у детей младшего школьного возраста.

Гипотезы исследования: 1. Традиционные нейропсихологические пробы и разработанные нами компьютерные методы для оценки состояния управляющих функций будут давать согласованные результаты. 2. Анализ возрастных различий выполнения проб позволит обнаружить отчетливую положительную динамику исследуемых функций. 3. Возрастная динамика будет разной при выполнении проб, требующих различной степени включения управляющих функций.

Испытуемые

В исследовании приняли участие 203 школьника: 117 первоклассников (59 мальчиков, 58 девочек, средний возраст 7.62 ± 0.45 года) и 86 третьеклассников (37 мальчиков, 49 девочек, средний возраст 9.64 ± 0.4 года). Анализ школьных работ испытуемых и их оценок, а также беседы с учителями позволили выделить группу детей с трудностями обучения (42 человека в первом классе и 28 в третьем) и группу нормально успевающих детей (75 человек в первом классе и 58 в третьем).

Методики

Для анализа уровня развития функций программирования и контроля мы использовали данные нейропсихологического обследования с совмещением качественной и количественной оценки результатов выполнения нейропсихологических тестовых методик (Ахутина и др., 2008, 2012). Также в работе использован оригинальный набор компьютеризированных методик исследования ВПФ, разработанный и адаптированный авторским коллективом (Агрис и др., 2014а; Кузева и др., 2014). Их использование для оценки управляющих функций позволяет стандартизировать процедуру тестирования и с большой точностью оценить выполнение заданий, требующих участия управляющих функций.

Все участники исследования прошли нейропсихологическое обследование, адаптированное для детей 5—9 лет (Ахутина и др., 2012; Полонская, 2007). В него вошло 20 проб, направленных на оценку различных компонентов ВПФ. Выполнение этих проб анализировалось по 225 параметрам. 55 параметров, наиболее четко отражающих состояние различных компонентов ВПФ, после стандартизации были объединены в следующие индексы: 1) программирования и контроля (управляющих функций), 2) серийной организации движений; 3) переработки кинестетической, 4) слуховой, 5) зрительной и 6) зрительно-пространственной информации, а также 7) индекс функций I блока мозга, по А.Р. Лурия. Чем выше

индекс, тем хуже ребенок справлялся с заданиями. В данной статье анализируются параметры, связанные с функциями III блока мозга: *индекс программирования и контроля* (ПиК) и *индекс серийной организации движений* (СО).

Испытуемые также выполняли компьютеризированные методики, направленные на оценку функций III блока.

1. *Методика “Dots”* (Davidson et al., 2006; Diamond et al., 2007). Тест состоит из трех проб, различающихся по сложности. Во всех трех пробах ребенок должен как можно быстрее реагировать на предъявление стимула, появляющегося на экране то справа, то слева от центра, нажатием кнопки в соответствии с инструкцией. В 1-й (конгруэнтной) пробе он должен нажимать на кнопку правой или левой рукой с той стороны, с которой появился стимул (сердечко); во 2-й (неконгруэнтной) пробе при появлении стимула (синего цветка) необходимо нажимать на кнопку с противоположной стороны; в 3-й («смешанной») пробе конгруэнтные и неконгруэнтные стимулы появляются в случайном порядке. Каждая проба включала в себя 20 тестовых предъявлений. Основные оцениваемые параметры — продуктивность выполнения (количество правильных ответов) и среднее время ответов.

2. *Компьютеризированная версия графомоторной пробы* (Кузева и др., 2014). В этой пробе испытуемый должен продолжить простой узор, изображенный на листе бумаги. Движения испытуемых регистрировались с помощью графического планшета, на котором располагался лист. В качестве основных анализируемых параметров использовались среднее время выполнения одной серии элементов узора («пачки») и суммарный балл, отражающий тяжесть ошибок, связанных с несоблюдением программы серийного движения (далее — «регуляторных» ошибок. Подробнее см.: там же).

3. *Компьютерная методика «Таблицы Шульте»* (Агрис и др., 2014б; Akhutina et al., 2015), состоящая из пяти проб. В каждой пробе испытуемому предъявлялась таблица из 20 ячеек (5×4), в которых в случайном порядке расположены два ряда чисел от 1 до 10, один ряд из черных чисел, второй — из красных. Задача испытуемого: как можно быстрее найти и указать числа в соответствующем инструкции порядке. В 1-й пробе нужно отыскать числа черного цвета в порядке возрастания, во 2-й — числа красного цвета в порядке возрастания, в 3-й — числа черного цвета в обратном порядке (от 10 до 1), в 4-й — искать параллельно числа черного и красного цвета в порядке возрастания и, наконец, в 5-й пробе — числа красного цвета в обратном порядке. Все пробы требуют торможения неадекватного действия, переключения, а 4-я проба (наиболее сложная)

создает нагрузку и на рабочую память. Основные оцениваемые параметры — среднее время ответа испытуемого (в мс, отдельно для каждой пробы) и суммарное количество ошибок (пропуски, персеверации, сбои в программе).

Результаты

1. Сопоставление результатов нейропсихологического обследования и компьютерных проб

Для проверки согласованности оценок функций произвольной регуляции деятельности, полученных с помощью нейропсихологического обследования и компьютерных методик, был проведен их корреляционный анализ.

При сопоставлении результатов теста “Dots” с показателями функций III блока мозга были получены следующие значимые корреляции. У первоклассников индексы ПИК и СО положительно коррелируют со временем ответа в 1-й пробе ($r=0.248$, $p=0.024$ и $r=0.253$, $p=0.018$ соответственно; здесь и далее использовался коэффициент корреляции Спирмена с поправкой для множественных корреляций Бонферрони). Также ожидаемо оба индекса отрицательно коррелируют с продуктивностью выполнения 3-й (самой сложной) пробы ($r=-0.361$, $p<0.001$ и $r=-0.273$, $p=0.009$ соответственно). Следует отметить субзначимую отрицательную корреляцию между индексом ПИК и временем ответа в 3-й пробе ($r=-0.223$, $p=0.051$). У третьеклассников наблюдается сходная картина: время ответа в 1-й пробе положительно коррелирует с интегральным показателем функций СО ($r=-0.285$, $p=0.018$), а в 3-й пробе продуктивность отрицательно коррелирует с индексами ПИК и СО ($r=-0.374$, $p=0.003$ и $r=-0.312$, $p=0.012$ соответственно).

Таким образом, в отношении теста “Dots” можно отметить, что с функциями произвольной регуляции связаны, прежде всего, скорость его выполнения в 1-й (самой простой) пробе и продуктивность — в 3-й (самой сложной) пробе, требующей переключения между параллельными программами.

Анализ корреляции показателей выполнения **графомоторной пробы** показал, что у первоклассников тяжесть регуляторных ошибок положительно коррелирует с индексами ПИК и СО ($r=0.251$, $p=0.022$ и $r=0.244$, $p=0.024$ соответственно). Время выполнения «пачки» коррелирует только с индексом ПИК ($r=0.245$, $p=0.024$). У третьеклассников количество ошибок положительно коррелирует только с индексом ПИК ($r=0.274$, $p=0.026$), а время выполнения одной «пачки» — и с индексом ПИК ($r=0.277$, $p=0.024$), и с индексом СО ($r=0.267$, $p=0.03$).

Аналогичный анализ корреляций между нейропсихологическими показателями и оценками выполнения **таблиц Шульте** показал следующее. У первоклассников: индекс ПиК положительно коррелирует (на уровне $p < 0.05$) со временем ответа в 1, 2 и 4-й пробах (сильнее всего — в 4-й пробе ($r = 0.318$, $p = 0.01$)); количество ошибок коррелирует с индексом ПиК только в 4-й и 5-й пробах ($r = 0.265$, $p = 0.045$ и $r = 0.377$, $p < 0.001$ соответственно); индекс СО не коррелирует ни с одним из показателей. У третьеклассников: наблюдаются значимые корреляции между временем ответов и индексом ПиК во 2-й и 4-й пробах (на уровне $p < 0.05$) и индексом СО в 1-й пробе ($r = 0.275$, $p = 0.05$); количество ошибок не коррелирует с этими показателями ни в одной пробе, что может быть связано с малым числом ошибок: 75-процентный квартиль числа ошибок составил 1 ошибку во всех пробах, кроме 4-й, где этот квартиль пришелся на 2.

2. Возрастные особенности выполнения компьютерных методик

Тест “Dots”. Средняя продуктивность и среднее время ответа при выполнении теста “Dots” учащимися первого и третьего классов представлены на рис. 1, А и Б. Для оценки изменения времени ответов в пробах различной сложности были проведены дисперсионные анализы с повторными измерениями с межгрупповым фактором «КЛАСС» и внутригрупповым фактором «ПРОБА». Оценка влияния факторов на продуктивность выполнения теста показала значимое влияние фактора «КЛАСС» ($F(1, 188) = 24.317$, $p < 0.001$, частичная

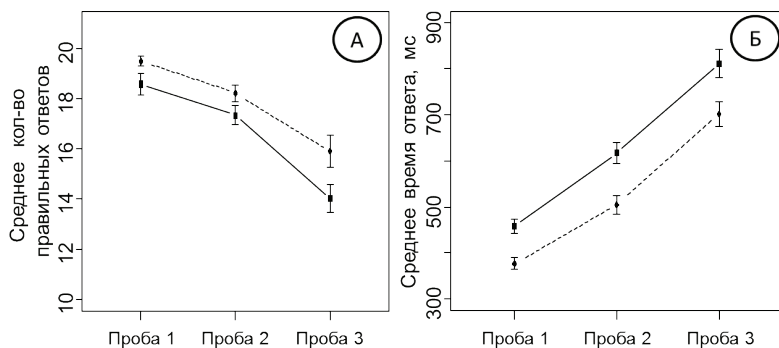


Рис. 1. Средняя продуктивность (А) и среднее время ответа (Б) при выполнении теста “Dots” учащимися первого (сплошная линия) и третьего (пунктир) классов

$\eta^2=0.114$). Так же, как и в случае со временем ответа, наибольший эффект наблюдается у фактора «ПРОБА» ($F(2, 187)=195.262, p<0.001$, частичная $\eta^2=0.675$). Взаимодействие факторов влияет слабо, но все же значимо ($F(2, 187)=3.166, p=0.044$, частичная $\eta^2=0.033$): по мере усложнения проб различия между первоклассниками и третьеклассниками увеличиваются.

При оценке влияния факторов на время ответа обнаружено значимое влияние фактора «КЛАСС» ($F(1, 188)=52.245, p<0.001$, частичная $\eta^2=0.221$). Значимым и еще более сильным оказался эффект фактора «ПРОБА» ($F(2, 187)=696.374, p<0.001$, частичная $\eta^2=0.882$). Также получен значимый, но не очень сильный эффект взаимодействия факторов ($F(2, 187)=4.065, p=0.019$, частичная $\eta^2=0.042$), связанный с тем, что по мере роста сложности пробы различия между первоклассниками и третьеклассниками несколько увеличиваются. Обобщая, можно сказать, что третьеклассники лучше первоклассников справляются с тестом, и наиболее ярко их преимущество проявляется в 3-й (самой сложной) пробе.

Графомоторная проба. Средняя тяжесть регуляторных ошибок и время выполнения «пачки» первоклассниками и третьеклассниками изображены на рис. 2, А и Б. Проверка значимости различий результатов первоклассников и третьеклассников с помощью t-критерия Стьюдента показала, что старшие дети допускают значимо меньше ошибок ($t(206)=2.998, p=0.002$) и выполняют пробу быстрее ($t(207)=7.727, p<0.001$).

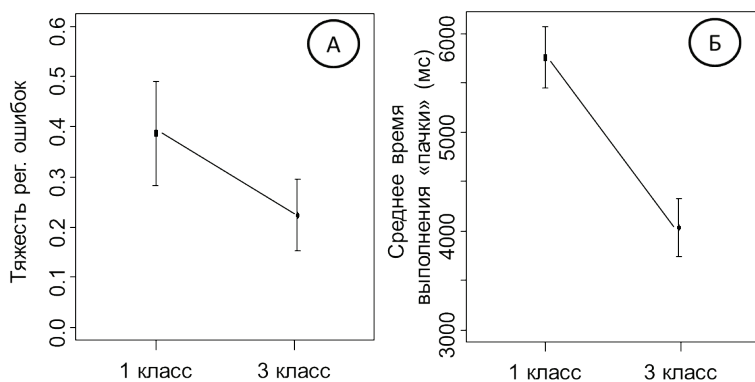


Рис. 2. Средняя тяжесть регуляторных ошибок (А) и время выполнения «пачки» (Б) в графомоторной пробе учащимися первого и третьего классов

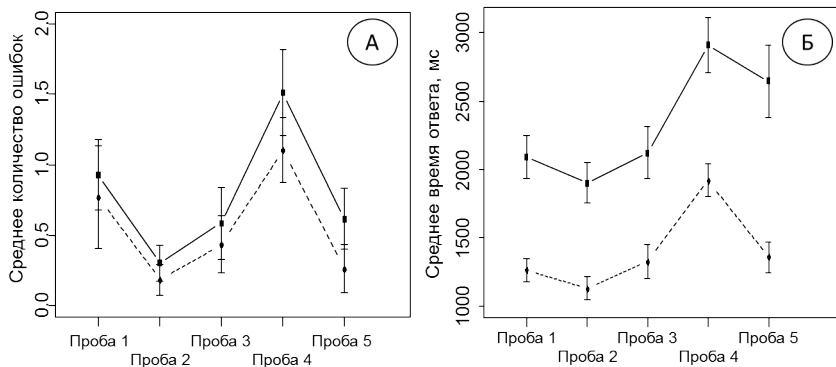


Рис. 3. Среднее количество ошибок (А) и среднее время ответа (Б) испытуемых из первого (сплошная линия) и третьего (пунктир) классов при выполнении пяти таблиц Шульте

Таблицы Шульте. Среднее количество допускаемых ошибок и среднее время ответа испытуемых из первого и третьего классов при выполнении пяти таблиц Шульте представлены на рис. 3, А и Б. Дисперсионный анализ показал в данном случае слабое, но значимое влияние фактора «КЛАСС» ($F(1, 177)=7.894$, $p=0.006$, частичная $\eta^2=0.045$). Также значимым оказалось влияние фактора «ПРОБА» ($F(4, 168)=31.166$, $p<0.001$, частичная $\eta^2=0.455$): количество ошибок максимально в 4-й (самой сложной) пробе, а также повышено в 1-й пробе. Взаимодействие факторов незначимо ($F(4, 168)=1.245$, $p=0.294$).

Дисперсионный анализ влияния тех же факторов на среднее время ответа позволил обнаружить значимое влияние фактора «КЛАСС» ($F(1, 171)=06.504$, $p<0.001$, частичная $\eta^2=0.384$). Фактор «ПРОБА» также оказывает сильное влияние на время поиска чисел в таблицах ($F(4, 168)=85.945$, $p<0.001$, частичная $\eta^2=0.672$), время ответов снижается от 1-й ко 2-й пробе, затем растет, достигает максимума в 4-й (самой сложной) пробе и падает 5-й пробе. Взаимодействие факторов влияет в данном случае слабо, но значимо ($F(4, 168)=4.012$, $p=0.004$, частичная $\eta^2=0.087$). Это связано с меньшими колебаниями времени ответов от пробы к пробе у третьеклассников по сравнению с первоклассниками. Также стоит отметить, что снижение времени ответа в 5-й пробе по сравнению с 4-й выражено у третьеклассников намного сильнее, чем у первоклассников.

3. Сравнение детей с трудностями и без трудностей обучения

Для оценки возможностей используемых в нашей работе методик с точки зрения выделения детей, склонных к трудностям в обучении, был проведен дискриминантный анализ. Этот метод дает возможность различения групп испытуемых на основании набора количественных переменных-предикторов. Мы используем его для проверки, насколько хорошо найденные нами переменные-предикторы (результаты выполнения компьютерных проб и проб нейропсихологического обследования) могут правильно классифицировать группы детей (без трудностей и с трудностями обучения). Проверяется, насколько выделенные с помощью дискриминантного анализа группы совпадают с реальным (определенным учителями) делением детей. При этом оценивается соответствие дискриминантной модели имеющимся данным с помощью критерия λ Уилкса: чем меньше коэффициент λ Уилкса, тем лучше модель.

Анализ показал, что при использовании в качестве предикторов показателей компьютерных методик наиболее важными с точки зрения различения групп детей оказались: (1) число правильных ответов в 3-й пробе теста "Dots", (2) число ошибок в той же пробе, (3) среднее время ответа в 4-й пробе теста «Таблицы Шульце» и (4) время выполнения «пачки» в графомоторной пробе.

Проверка этого набора параметров показала, что дискриминантная модель оказывается не слишком полной (λ Уилкса=0.848) и прогноз, полученный с помощью этих предикторов, также недостаточно точен: только 55.8% детей с трудностями обучения (по данным опроса учителей) были отнесены к этой группе на основании модели. Дети без трудностей обучения были отнесены к группе нормы на основании модели в 69.3% случаев.

При использовании результатов *только* нейропсихологического обследования модель и предсказания на ее основании улучшаются. Если в качестве предикторов использовать нейропсихологические показатели состояния функций произвольной регуляции деятельности и индекс активационных компонентов ВПФ, то качество модели становится отчетливо лучше (λ Уилкса=0.583), процент правильно распознанных в группе детей с трудностями обучения — 76.8%, в группе нормы — 82.8%.

При использовании в качестве предикторов тех же нейропсихологических индексов и указанных выше показателей компьютерных проб качество модели становится чуть лучше (λ Уилкса=0.579), точность предсказания принадлежности к группе трудностей обучения немного улучшается — 82.9%, а к группе нормы несколько

ухудшается — 80.4%. Итак, проверка показала, что данные нейропсихологического обследования и компьютерных проб позволяют с высокой вероятностью определять принадлежность детей к группам с наличием или отсутствием трудностей обучения.

Обсуждение результатов

Сопоставление результатов традиционных и компьютерных проб, проведенное с помощью корреляционного анализа, подтвердило, что данные нейропсихологического обследования согласуются с результатами выполнения компьютерных проб. У первоклассников индекс программирования и контроля коррелирует с параметрами продуктивности (ошибок) в наиболее сложных пробах теста “Dots” и таблиц Шульте, а также в графомоторной пробе. К третьему классу функции программирования и контроля становятся более зрелыми, в силу чего их состояние обнаруживает взаимосвязь с выполнением 3-й (наиболее сложной) пробы в тесте “Dots” и графомоторной пробы, но не с ошибками, допускаемыми в таблицах Шульте. Во многом это обусловлено тем, что таких ошибок с возрастом становится значительно меньше из-за большей автоматизации оперирования числовым рядом.

Интересна связь состояния функции программирования и контроля с параметрами времени выполнения компьютерных проб. У взрослых людей, обладающих зрелыми управляющими функциями, наблюдается прямая зависимость между сложностью задачи и временем ее решения. У детей может наблюдаться как та же тенденция, так и противоположная: дети пытаются избегать сложных задач и могут давать необдуманные импульсивные ответы, что сокращает время, затрачиваемое на сложные задачи. В выполнении теста с таблицами Шульте в первом и третьем классах и графомоторной пробы первоклассниками мы видим первую тенденцию. Вторая тенденция обнаруживается в тесте “Dots”. Она проявляется в том, что в наиболее сложной 3-й пробе на фоне ожидаемой отрицательной корреляции между состоянием управляющих функций и продуктивностью также получена обратная, отрицательная тенденция в отношении времени ответов (более сложное задание делается быстрее). Это позволяет предположить, что для первоклассников в ситуации большой нагрузки на исследуемые компоненты ВПФ характерно повышение темпа деятельности в ущерб ее точности.

Связь между состоянием функции серийной организации действий и выполнением компьютерных проб ожидается, прежде всего, в графомоторной пробе. Обнаружена связь функций СО с показателями скорости и тяжести регуляторных ошибок в первом классе

и только с показателем скорости выполнения пробы в третьем классе. Отсутствие корреляции с ошибками можно объяснить их отчетливым сокращением в третьем классе.

Индекс СО также коррелирует с временем ответа в 1-й пробе теста “Dots” в первом и третьем классах и таблиц Шульте в третьем классе, а также с продуктивностью выполнения 3-й, самой сложной пробы теста “Dots” в первом классе.

Результаты анализа возрастных особенностей выполнения компьютерных методик соответствуют представлению о том, что развитие функций программирования и контроля — это длительный процесс, который начинается с первых дней жизни и завершается только к 20—29 годам (Anderson, 2002; De Lucca, Leventer, 2008; O’Hare, Sowell, 2008). Известно, что данный процесс развития не является линейным, многие исследователи отмечают периоды бурного созревания лобных отделов коры и улучшение управляющих функций. Одним из таких периодов принято считать возраст 5—7 лет (Carroll, 1986; Huttenlocher, 1990), следующий скачок в развитии фронтальных отделов коры относится к возрасту 12—15 лет (Anderson et al., 2001, 2008). Наши данные позволяют уточнить, что процесс развития управляющих функций происходит и в возрасте 7—9 лет.

Сравнение заданий, требующих участия управляющих функций, у детей в первом и третьем классе показало, что к 9 годам значимо улучшаются как качество, так и скорость выполнения заданий. При этом обнаружено, что наибольшие возрастные различия наблюдаются в самых сложных пробах. В тесте “Dots” именно в наиболее сложной 3-й пробе обнаружены максимальные возрастные различия. В задании на поиск чисел в таблицах Шульте снижение количества ошибок к третьему классу наблюдалось во всех заданиях вне зависимости от их сложности. Анализ времени поиска чисел свидетельствует о снижении к третьему классу эффекта «утомления». Именно параметры времени поиска чисел в таблицах значимо коррелируют с показателями нейропсихологического индекса ПИК у третьеклассников.

К третьему классу у школьников практически пропадают регуляторные ошибки при выполнении графомоторной пробы, именно поэтому не обнаружены корреляции между параметрами оценки данной пробы и индексом ПИК. По данным литературы и нашим данным, выполнение графомоторной пробы больше связано с нейропсихологическим индексом СО. В ней, как и в других компьютерных методиках, наблюдается значимое сокращение временных параметров выполнения к 9 годам. Известно, что при нормативном

развитии примерно к третьему году обучения графомоторный навык письма автоматизируется (Безруких, Любомирский, 2000; Karlsdottir, Stefansson, 2002). Значительная положительная динамика в выполнении графомоторной пробы к 9 годам свидетельствует об успешном процессе автоматизации движений. Эти данные согласуются с результатами других исследователей (Боркова, Орлова, 2003; Feder, Majnemer, 2007; Overvelde, Hulstijn, 2011).

Таким образом, выполнение всех заданий, требующих участия функций программирования и контроля и серийной организации движений, оказывается значительно лучше у третьеклассников по сравнению с первоклассниками. Этот процесс идет по двум направлениям: улучшается качество выполнения (снижается количество ошибок, увеличивается продуктивность) и возрастает скорость ответа.

В заключение следует обсудить связь между состоянием функций III блока мозга и возникновением трудностей в обучении. Определение на основании нейропсихологического обследования предрасположенности ребенка к возникновению трудностей в обучении — один из важнейших практических вопросов детской нейропсихологии. Результаты исследования свидетельствуют, что применение нейропсихологических проб дает более точные предсказания возникновения трудностей обучения, чем использованные компьютерные методы, потому что оно включает разные составляющие функций программирования и контроля (планирование, переключение, рабочую память — см., напр.: Anderson et al., 2008), тогда как спектр составляющих у использованных компьютерных проб уже. В дальнейшем набор компьютеризированных методик может быть дополнен так, чтобы оценивать более широкий спектр проявлений исследуемых функций. Тот факт, что при добавлении компьютерных проб прогноз мало улучшается, можно объяснить тем, что, по-видимому, влияние управляющих функций на возникновение трудностей обучения не выше 80—85%, поскольку и другие функции вносят свой вклад в обучаемость детей. Тем не менее такой высокий процент свидетельствует о ключевой роли функций программирования и контроля в успешности обучения, в том числе за счет того, что их слабость вызывает системные вторичные нарушения других функций.

Выводы

1. Результаты, полученные по предложенному набору компьютерных методик, согласуются с результатами полного нейропсихологического обследования и позволяют оценить развитие функций

программирования и контроля у детей младшего школьного возраста. Наиболее значимые различия в выполнении заданий детьми с разным уровнем развития функций программирования и контроля наблюдаются именно в заданиях, сильнее нагружающих управляющие функции. Методики особо чувствительны по отношению к детям с низким развитием управляющих функций.

2. От 7 к 9 годам происходит значимое улучшение в работе функций программирования и контроля деятельности: повышаются качество и темп выполнения заданий, требующих участия префронтальных и премоторных отделов коры головного мозга. При этом наиболее отчетливые возрастные изменения наблюдаются в отношении проб, требующих максимальной нагрузки на эти функции.

3. Дополнение нейропсихического обследования компьютерными методиками позволяет более дифференцированно оценивать состояние функций программирования и контроля у детей младшего школьного возраста. Их можно использовать для скринингового мониторинга управляющих функций у этих детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агрис А.Р., Ахутина Т.В., Корнеев А.А. Варианты дефицита функций I блока мозга у детей с трудностями обучения // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2014а. № 3. С. 34—46.

Агрис А.Р., Матвеева Е.Ю., Корнеев А.А. Состояние нейродинамических компонентов деятельности у первоклассников в норме и при трудностях обучения (по данным компьютерных методик) // Психологические исследования: электрон. науч. журнал. 2014б. Т. 7. № 34. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 03.03.2016).

Ахутина Т.В., Матвеева Е.Ю., Романова А.А. Применение луриевского принципа синдромного анализа в обработке данных нейропсихологического обследования детей с отклонениями в развитии // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2012. № 2. С. 84—95.

Ахутина Т.В., Полонская Н.Н., Пылаева Н.М., Максименко М.Ю. Нейропсихологическое обследование // Нейропсихологическая диагностика, обследование письма и чтения младших школьников / Под ред. Т.В. Ахутиной, О.Б. Иншаковой. М.: Сфера; В. Секачев, 2008; 2-е изд.: М.: Сфера; В. Секачев, 2012. С. 4—64.

Ахутина Т.В., Пылаева Н.М. Преодоление трудностей учения: нейропсихологический подход. СПб.: Питер, 2008; 2-е изд.: М.: Академия, 2015.

Безруких М.М., Любомирский Л.Е. Возрастные особенности организации и регуляции произвольных движений у детей и подростков // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. М.: Образование от А до Я, 2000. С. 239—258.

Боркова Т.Н., Орлова Н.Т. Однотипные движения в почерке. М.: Белый город, 2003.

Корсакова Н.К., Московичюте Л.И. Подкорковые структуры мозга и психические процессы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.

Кузева О.В., Романова А.А., Корнеев А.А., Ахутина Т.В. Нейропсихологический анализ особенностей становления графомоторных навыков у младших школьников // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. 2014. Т. 99. № 5. С. 101—105.

Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973.

Мачинская Р.И., Дубровинская Н.В. Функциональная организация полушарий мозга при направленном внимании у детей 7—8 лет // Журнал высшей нервной деятельности. 1996. Т. 46. № 3. С. 437—446.

Полонская Н.Н. Нейропсихологические особенности детей с разной успешностью обучения // А.Р. Лурия и психология XXI века. Доклады Второй международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.Р. Лурия / Под ред. Т.В. Ахутиной, Ж.М. Глозман. М.: Смысл, 2003. С. 206—214.

Полонская Н.Н. Нейропсихологическая диагностика детей младшего школьного возраста. М.: Академия, 2007.

Пылаева Н.М. Нейропсихологическая поддержка классов коррекционно-развивающего обучения // I Международная конференция памяти А.Р. Лурия. Сборник докладов / Под ред. Е.Д. Хомской, Т.В. Ахутиной. М.: РПО, 1998. С. 238—243.

Хомская Е.Д. Нейропсихология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.

Хотылева Т.Ю. Педагогические условия преодоления трудностей в образовательной работе с дошкольниками 5—7 лет: Дисс. ... канд. психол. наук. М., 2006.

Akhutina T.V., Korneev A.A., Matveeva E.Yu., Agris A.R. Age-related changes of higher mental functions in 7—9-years old children with different types of state regulation deficits // Psychology. Journal of the Higher School of Economics. 2015. Vol. 12. N 3. P. 131—152.

Anderson P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood // Child Neuropsychology. 2002. N 8. P. 71—82.

Anderson V., Anderson P.J., Jacobs R., Smith M.S. Development and assessment of executive function: From preschool to adolescence // Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective. 2008. P. 123—154.

Anderson V., Anderson P., Northan E. et al. Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample // Developmental Neuropsychology. 2001. Vol. 20. N 1. P. 385—406.

Ballard J.C. Computerized assessment of sustained attention: Interactive effects of task demand, noise, and anxiety // Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology. 1996. Vol. 18. N 6. P. 864—882.

Blair C., Razza R.P. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten // Child Development. 2007. Vol. 78. N 2. P. 647—663.

Brocki K.C., Bohlin G. Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study // *Developmental Neuropsychology*. 2004. Vol. 26. N 2. P. 571—593.

Brooks B.L., Sherman E.M.S., Strauss E. NEPSY-II: A Developmental Neuropsychological Assessment, Second Edition // *Child Neuropsychology*. 2009. Vol. 16. N 1. P. 80—101. URL: <http://doi.org/10.1080/09297040903146966>

Bull R., Scerif G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory // *Developmental Neuropsychology*. 2001. Vol. 19. N 3. P. 273—293.

Carroll G.B. Factor-analytic investigations of cognitive abilities // *Human assessment: Cognition and motivation*. Springer Netherlands, 1986. P. 3—8.

Davidson M.C., Amso D., Anderson L.C., Diamond A. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching // *Neuropsychologia*. 2006. Vol. 44. N 11. P. 2037—2078.

De Luca C.R., Leventer R.J. Developmental trajectories of executive functions across the lifespan // *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*. 2008. Vol. 3. P. 21.

Diamond A., Barnett S., Thomas J., Munro S. Preschool program improves cognitive control // *Science*. 2007. Vol. 318. N 5855. P. 1387—1388.

Feder K., Majnemer A. Handwriting development, competency, and intervention // *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2007. Vol. 49. N 4. P. 312—317.

Glenat S., Heutte L., Paquet T. et al. The development of a computer-assisted tool for the assessment of neuropsychological drawing tasks // *International Journal of Information Technology & Decision Making*. 2008. Vol. 7. N 4. P. 751—767.

Hartman D.E. The Computerized Test of Information Processing (CTIP) by Tom Tombaugh // *Applied Neuropsychology*. 2008. Vol. 15. N 3. P. 226—227.

Henry L.A., Bettenay C. The assessment of executive functioning in children // *Child and Adolescent Mental Health*. 2010. Vol. 15. N 2. P. 110—119.

Huttenlocher P.R. Morphometric study of human cerebral cortex development // *Neuropsychologia*. 1990. Vol. 28. N 6. P. 517—527.

Jurado M.B., Rosselli M. The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding // *Neuropsychology Review*. 2007. Vol. 17. N 3. P. 213—233.

Karlsdottir R., Stefansson T. Problems in developing functional handwriting (monograph supplement 1-V94) // *Perceptual and Motor Skills*. 2002. Vol. 94. N 2. P. 623—662.

Klimkeit E.I., Mattingley J.B., Sheppard D.M. et al. Examining the development of attention and executive functions in children with a novel paradigm // *Child Neuropsychology*. 2004. Vol. 10. N 3. P. 201—211.

Lim C.G., Lee T.S., Guan C. et al. A brain-computer interface based attention training program for treating attention deficit hyperactivity disorder // *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. N 10. P. e46692.

Lundqvist A., Grundström K., Samuelsson K., Rönnberg J. Computerized training of working memory in a group of patients suffering from acquired brain injury // *Brain Injury*. 2010. Vol. 24. N 10. P. 1173—1183.

McClelland M.M., Morrison F.J., Holmes D.L. Children at risk for early academic problems: The role of learning-related social skills // *Early Childhood Research Quarterly*. 2000. Vol. 15. N 3. P. 307—329.

Miyake A., Friedman N.P., Emerson M.J. et al. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis // *Cognitive Psychology*. 2000. Vol. 41. N 1. P. 49—100.

Mulder H., Pitchford N.J., Hagger M.S., Marlow N. Development of executive function and attention in preterm children: a systematic review // *Developmental Neuropsychology*. 2009. Vol. 34. N 4. P. 393—421.

O'Hare E.D., Sowell E.R. Imaging developmental changes in gray and white matter in the human brain // *Handbook of developmental cognitive neuroscience* / Ed. by Ch.A. Nelson, M. Luciana. Cambridge, MA; London, England, 2008. P. 23—38.

Overvelde A., Hulstijn W. Handwriting development in grade 2 and grade 3 primary school children with normal, at risk, or dysgraphic characteristics // *Research in Developmental Disabilities*. 2011. Vol. 32. N 2. P. 540—548.

Plato B.O., Scharf A., Nelson D., Brooks P.J. Use of computer-assisted technologies (CAT) to enhance social, communicative, and language development in children with autism spectrum disorders // *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2013. Vol. 43. N 2. P. 301—322.

Rabin B.A., Glasgow R.E. Dissemination of interactive health communication programs // *Interactive health communication technologies: Promising strategies for health behavior change*. New York, NY: Routledge, 2012.

Rimm-Kaufman S.E., Pianta R.C., Cox M.J. Teachers' judgments of problems in the transition to kindergarten // *Early Childhood Research Quarterly*. 2000. Vol. 15. N 2. P. 147—166.

Roskos P., Gfeller J., Chibnall J. An exploratory factor analysis of the repeatable battery for the assessment of neuropsychological status and the automated neuropsychological assessment metrics // *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2014. Vol. 29. N 6. P. 568—568.

Saleem M.M., Harte M.K., Marshall K.M. et al. Positive effects of a novel cognitive remediation computer game (X-Cog) in first episode psychosis: a pilot study // *Psychosis*. 2014. Vol. 6. N 3. P. 215—219.

Smith P.J., Need A.C., Cirulli E.T. et al. A comparison of the Cambridge Automated Neuropsychological Test Battery (CANTAB) with “traditional” neuropsychological testing instruments // *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2013. Vol. 35. N 3. P. 319—328.

Strauss E., Sherman E.M.S., Spreen O. A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary. Oxford University Press, 2006.

Titov N., Knight R.G. A computer-based procedure for assessing functional cognitive skills in patients with neurological injuries: the virtual street // *Brain Injury*. 2005. Vol. 19. N 5. P. 315—322.

THE DYNAMICS OF EXECUTIVE FUNCTIONS IN CHILDREN OF 7—9 YEARS OLD

*Tatiana V. Akhutina*¹, *Alexey A. Korneev*¹, *Ekaterina Yu. Matveeva*¹

¹ *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology, Moscow, Russia*

Abstract: The paper presents the analysis of developmental changes in executive functions in early school-children. 117 first-graders (7.62 ± 0.45 y.o.) 86 third-graders (9.64 ± 0.4 y.o.) participated in the study. Qualitative neuropsychological assessment and computer-based tests were used to evaluate the development of executive functions. The comparison of results in first and third graders reveals a significant improvement of temporal characteristics and accuracy of performance of the tests. The results may be evidence of the significant development of executive functions in the primary school age. In addition it is shown that the results of neuropsychological assessment and computer methods may be used as reliable predictors of learning disabilities

Key words: developmental neuropsychology, executive functions, attention, early schoolchildren.

References:

- Agris, A.R., Akhutina T.V., Korneev A.A. (2014a) Varianty defitsita funktsiy I bloka mozga u detey s trudnostyami obucheniya. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 3, 34—46.
- Agris, A.R., Matveeva, E.Yu., Korneev, A.A. (2014b) Sostoyanie neyrodinamicheskikh komponentov deyatel'nosti u pervoklassnikov v norme i pri trudnostyakh obucheniya (po dannym komp'yuternykh metodik). *Psikhologicheskie issledovaniya: elektron. nauch. zhurnal* [Psychological Studies: electronic scientific journal], 7, 34. URL: <http://psystudy.ru> (data obrashcheniya: 03.03.2016)
- Akhutina, T.V., Korneev, A.A., Matveeva, E.Yu., Agris, A.R. (2015) Age-Related changes of higher mental functions in 7—9-years old children with different types of state regulation deficits. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*, 12, 3, 131—152.
- Akhutina, T.V., Matveeva, E.Yu., Romanova, A.A. (2012) Primenenie lurievskogo printsipa sindromnogo analiza v obrabotke dannykh neyropsikhologicheskogo obsledovaniya detey s otkloneniyami v razvitii. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 2, 84—95.
- Akhutina, T.V., Polonskaya, N.N., Pylaeva, N.M., Maksimenko, M.Yu. (2008) Neyropsikhologicheskoe obsledovanie. In T.V. Akhutina, O.B. Inshakova (eds.) *Neyropsikhologicheskaya diagnostika, obsledovanie pis'ma i chteniya mladshikh shkol'nikov* [Neuropsychological diagnostics, examination of writing and reading younger school students] (pp. 4—64). Moscow: Sfera; V. Sekachev. 2nd ed. Moscow: Sfera; V. Sekachev, 2012.

Akhutina, T.V., Pylaeva, N.M. (2008) *Preodolenie trudnostey ucheniya: neyropsikhologicheskiy podkhod* [Overcoming the difficulties of the exercise: neuropsychological approach]. SPb.: Piter, 2008; 2nd ed. Moscow: Akademiya, 2015.

Anderson, P. (2002) Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8, 71—82.

Anderson, V., Anderson, P.J., Jacobs, R., Smith, M.S. (2008) Development and assessment of executive function: From preschool to adolescence. *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*, 123—154.

Anderson, V., Anderson, P., Northan, E. et al. (2001) Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20, 1, 385—406.

Ballard, J.C. (1996) Computerized assessment of sustained attention: Interactive effects of task demand, noise, and anxiety. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 18, 6, 864—882.

Bezrukikh, M.M., Lyubomirskiy, L.E. (2000) Vozrastnye osobennosti organizatsii i regulyatsii proizvol'nykh dvizheniy u detey i podrostkov. In M.M. Bezrukikh, D.A. Farber (eds.) *Fiziologiya razvitiya rebenka: teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Physiology of child development: theoretical and applied aspects] (pp. 239—258). Moscow: Obrazovanie ot A do Ya.

Blair, C., Razza, R.P. (2007) Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78, 2, 647—663.

Borkova, T.N., Orlova, N.T. (2003) *Odnotipnye dvizheniya v pocherke* [The same type of movement in handwriting]. Moscow: Belyy gorod.

Brocki, K.C., Bohlin, G. (2004) Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26, 2, 571—593.

Brooks, B.L., Sherman, E.M.S., Strauss, E. (2009) NEPSY-II: A Developmental Neuropsychological Assessment, Second Edition. *Child Neuropsychology*, 16, 1, 80—101. URL: <http://doi.org/10.1080/09297040903146966>

Bull, R., Scerif, G. (2001) Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 3, 273—293.

Carroll, G.B. (1986) Factor-Analytic investigations of cognitive abilities. In *Human assessment: Cognition and motivation* (pp. 3—8). Netherlands: Springer.

Davidson, M.C., Amso, D., Anderson, L.C., Diamond, A. (2006) Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44, 11, 2037—2078.

De Luca, C.R., Leventer, R.J. (2008) Developmental trajectories of executive functions across the lifespan. *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*, 3, 21.

Diamond, A., Barnett, S., Thomas, J., Munro, S. (2007) Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318, 5855, 1387—1388.

Feder, K., Majnemer, A. (2007) Handwriting development, competency, and intervention. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 4, 312—317.

Glenat, S., Heutte, L., Paquet, T. et al. (2008) The Development of a computer-assisted tool for the assessment of neuropsychological drawing tasks. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 7, 04, 751—767.

Hartman, D.E. (2008) The Computerized Test of Information Processing (CTIP) by Tom Tombaugh. *Applied Neuropsychology*, 15, 3, 226—227.

Henry, L.A., Bettenay, C. (2010) The Assessment of executive functioning in children. *Child and Adolescent Mental Health*, 15, 2, 110—119.

Homskaya E.D. (1987) *Neyropsikhologiya* [Neuropsychology]. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta.

Hotyleva T.Yu. (2006) *Pedagogicheskie usloviya preodoleniya trudnostey v obrazovatel'noy rabote s doshkol'nikami 5—7 let* [Pedagogical conditions of overcoming difficulties in educational work with preschool children 5—7 years]: Dissertation of the candidate of psychological sciences. Moscow.

Huttenlocher, P.R. (1990) Morphometric study of human cerebral cortex development. *Neuropsychologia*, 28, 6, 517—527.

Jurado, M.B., Rosselli, M. (2007) The Elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17, 3, 213—233.

Karlsdottir, R., Stefansson, T. (2002) Problems in developing functional handwriting (monograph supplement 1-V94). *Perceptual and Motor Skills*, 94, 2, 623—662.

Klimkeit, E.I., Mattingley, J.B., Sheppard, D.M. et al. (2004) Examining the development of attention and executive functions in children with a novel paradigm. *Child Neuropsychology*, 10, 3, 201—211.

Korsakova, N.K., Moskovichyute, L.I. (1985) *Podkorkovye struktury mozga i psikhicheskie protsessy* [Subcortical brain structures and mental processes]. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta.

Kuzeva, O.V., Romanova, A.A., Korneev, A.A., Akhutina, T.V. (2014) Neyropsikhologicheskiy analiz osobennostey stanovleniya grafomotornykh navykov u mladshikh shkol'nikov. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra SO RAMN* [Bulletin East-Siberian scientific center SB RAMS], 99, 5, 101—105.

Lim, C.G., Lee, T.S., Guan, C. et al. (2012) A brain-computer interface based attention training program for treating attention deficit hyperactivity disorder. *PLoS ONE*, 7, 10, e46692.

Lundqvist, A., Grundström, K., Samuelsson, K., Rönnerberg, J. (2010) Computerized training of working memory in a group of patients suffering from acquired brain injury. *Brain Injury*, 24, 10, 1173—1183.

Luriya, A.R. (1973) *Osnovy neyropsikhologii* [Basis of neuropsychology]. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta.

Machinskaya, R.I., Dubrovinskaya, N.V. (1996) Funktsional'naya organizatsiya polushariy mozga pri napravlenom vnimanii u detey 7—8 let. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti* [The Journal of Higher Nervous Activity], 46, 3, 437—446.

McClelland, M.M., Morrison, F.J., Holmes, D.L. (2000) Children at risk for early academic problems: The role of learning-related social skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 15, 3, 307—329.

Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J. et al. (2000) The Unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 1, 49—100.

Mulder, H., Pitchford, N.J., Hagger, M.S., Marlow, N. (2009) Development of executive function and attention in preterm children: a systematic review. *Developmental Neuropsychology*, 34, 4, 393—421.

O'Hare, E.D., Sowell, E.R. (2008) Imaging developmental changes in gray and white matter in the human brain. In Ch.A. Nelson, M. Luciana (eds.) *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (pp. 23—38). Cambridge, MA; London, England.

Overvelde, A., Hulstijn, W. (2011) Handwriting development in grade 2 and grade 3 primary school children with normal, at risk, or dysgraphic characteristics. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 2, 540—548.

Ploog, B.O., Scharf, A., Nelson, D., Brooks, P.J. (2013) Use of computer-assisted technologies (CAT) to enhance social, communicative, and language development in children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43, 2, 301—322.

Polonskaya, N.N. (2003) Neyropsikhologicheskie osobennosti detey s raznoy uspešnost'yu obucheniya. In T.V. Akhutina, Zh.M. Glozman (eds.) *A.R. Luriya i psikhologiya XXI veka* [A. R. Luria and psychology of XXI century] (pp. 206—214) *Doklady Vtoroy mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya A.R. Luriya*. Moscow: Smysl.

Polonskaya, N.N. (2007) *Neyropsikhologicheskaya diagnostika detey mladshogo shkol'nogo vozrasta* [Neuropsychological diagnosis of children of primary school age]. Moscow: Akademiya.

Rabin, B.A., Glasgow, R.E. (2012) *Dissemination of interactive health communication programs*. Interactive health communication technologies: Promising strategies for health behavior change. New York, NY: Routledge, 2012.

Pylaeva, N.M. (1998) Neyropsikhologicheskaya podderzhka klassov korrektsionno-razvivayushchego obucheniya. In E.D. Homskaya, T.V. Akhutina (eds.) *I Mezhdunarodnaya konferentsiya pamyati A.R. Luriya. Sbornik dokladov* [First international conference in memory of A. R. Luria. A collection of reports] (pp. 238—243). Moscow: RPO.

Rimm-Kaufman, S.E., Pianta, R.C., Cox, M.J. (2000) Teachers' judgments of problems in the transition to kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, 15, 2, 147—166.

Roskos, P., Gfeller, J., Chibnall, J. (2014) An Exploratory factor analysis of the repeatable battery for the assessment of neuropsychological status and the automated neuropsychological assessment metrics. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 29, 6, 568—568.

Saleem, M.M., Harte, M.K., Marshall, K.M. et al. (2014) Positive effects of a novel cognitive remediation computer game (X-Cog) in first episode psychosis: a pilot study. *Psychosis*, 6, 3, 215—219.

Smith, P.J., Need, A.C., Cirulli, E.T. et al. (2013) A comparison of the Cambridge Automated Neuropsychological Test Battery (CANTAB) with “traditional”

neuropsychological testing instruments. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 35, 3, 319—328.

Strauss, E., Sherman, E.M.S., Spreen, O. (2006) *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*. Oxford University Press, USA.

Titov, N., Knight, R.G. (2005) A Computer-based procedure for assessing functional cognitive skills in patients with neurological injuries: the virtual street. *Brain Injury*, 19, 5, 315—322.

Original manuscript received January 19, 2016