

Жижина О.Г.¹, Корнеев А.А.¹, Матвеева Е.Ю.¹ Возрастные особенности выполнения компьютерных методик нейропсихологического обследования детьми 6-9 лет

Zhizhina O.G.¹, Korneev A.A.¹ Matveeva E.Yu.¹ Age differences in results of computer-based neuropsychological tests in 6-9 years old children

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Представлены результаты исследования состояния когнитивных функций у детей дошкольного и младшего школьного возрастов, проведенного с использованием компьютерных методов нейропсихологического обследования. Выбранные методики направлены на оценку функций программирования и контроля произвольной деятельности, а также функций переработки зрительно-пространственной и слуховой информации. Выборку составили 454 ребёнка, которые были разделены на четыре возрастные группы – старшие дошкольники, учащиеся первого, второго и третьего классов. Для оценки различий в состоянии когнитивных функций было проведено сравнение выполнения четырех компьютерных методик в этих возрастных группах – тестов «Точки», «Кубики Корси», «Понимание слов, близких по звучанию» и «Понимание логико-грамматических конструкций». Проведенный анализ позволил выявить ряд различий в выполнении тестов в возрастных группах, что может указывать на активное развитие исследуемых функций в возрасте 6-9 лет. При этом наибольшие различия обнаружены между дошкольниками и первоклассниками в показателях, связанных с оценкой функции программирования и контроля. Это может быть связано с одной стороны, с активным созреванием префронтальных отделов в этом возрасте, а с другой – с новыми требованиями, предъявляемыми школой, изменением ведущей деятельности с игровой на учебную. Различия между возрастными группами в рамках младшей школы заметно ниже, что может указывать на замедление развития оцениваемых функций в этом возрастном периоде.

Ключевые слова: нейропсихологическое обследование, компьютерное тестирование, дошкольники, младшие школьники, функции программирования и контроля

Введение

Диагностика состояния когнитивных функций у детей дошкольного и младшего школьного возраста – важная проблема, которая активно обсуждается и разрабатывается в современной психологии. С одной стороны, её актуальность обусловлена тем, что в этом возрастном периоде происходит активное созревание и развитие различных когнитивных компонентов и оценка их состояния может позволить проследить закономерности возрастных изменений. С другой стороны, проблема диагностики становится все более актуальной в связи с увеличением количества детей, страдающих трудностями обучения. В ситуации риска возникновения таких трудностей раннее начало коррекционной работы повышает вероятность того, что различные дефекты высших психических функций (далее – ВПФ) будут устранены или скомпенсированы, и испытывающий трудности ребёнок нагонит своих сверстников и дальше не будет нуждаться в поддержке. Одним из способов выявления детей с нарушениями развития являются скрининговые батареи тестов, которые сравнительно просты в использовании и позволяют обследовать большие массы детей.

Батареи тестов, в частности, компьютерные, широко распространены в зарубежной нейропсихологии. Многие батареи, существовавшие долгое время в традиционном «бланковом» (по аналогии с английским термином «paper and pencil») варианте, как, например, тесты Векслера на память и интеллект, затем переводятся в электронный формат [Parsons, 2016]. Другие, как ANAM и ImPACT, сразу же создаются на компьютере [Henry, Sandel, 2014; Parsons, 2016]. Соотношение между электронными и традиционными версиями тестов до сих пор окончательно не ясно, однако для компьютеризированных батарей уже также накоплен большой объём нормативных данных, и авторы многих исследований признают эффективность подобных тестов в оценке когнитивных функций пациентов даже в случае некоторых отличий результатов от стандартных батарей [Schulz-Heik et al., 2019; Smith et al., 2013; Kessels, 2019; и др.]. Из-за специфики детского нейропсихологического обследования (требований к доступности и привлекательности материала, краткости инструкций, ограничения времени) большая часть батарей применяется только к взрослым респондентам, но есть и компьютерные тесты, охватывающие весь спектр возрастов, как, например, CANTAB [De Luca, 2003].

В отечественной нейропсихологии тестам, позволяющим количественно оценить состояние той или иной функции, традиционно уделяется меньше внимания, так как упор делается на качественную индивидуализированную диагностику пациентов. Однако при всех преимуществах данного подхода он требует слишком много времени от специалиста-нейропсихолога на

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... каждого ребёнка и не может применяться массово. Прямое же переложение результатов зарубежных компьютерных методик на российскую популяцию представляется неправомерным – из-за социокультурных и образовательных различий процесс формирования отдельных компонентов ВПФ также может меняться, а при оценке слухоречевого прогноза требуется разработка нового стимульного материала. Кроме того, при создании новых версий методик нейропсихологической диагностики важно проверять их чувствительность к индивидуальным различиям у детей разных возрастов. Разработка детских скрининговых батарей тестов в России тоже ведётся. Здесь можно выделить два направления – создание батарей на основе стандартных методик нейропсихологического обследования А.Р. Лурии и оригинальные разработки. К сожалению, все существующие варианты компьютерных методик в настоящее время в России употребляются мало. Примером создания совершенно новой тестовой батареи является компьютерная система «Психомат», предназначенная для комплексного обследования ВПФ и состояния ЦНС в норме и патологии [Астаева, Малкова, 2018]. В нашей же работе речь пойдёт о компьютеризированной батарее тестов для детей 6-9 лет, работающей на платформе «Практика-МГУ» [Ахутина и др., 2017; Akhutina et al., 2019].

Эта батарея тестов представляет собой попытку стандартизировать и унифицировать процедуру проведения и оценку результатов нейропсихологического обследования, традиционно используемого в отечественной нейропсихологии, не потеряв при этом преимуществ системного подхода А.Р. Лурии. Часть тестов из данной батареи представляют собой адаптированные методики А.Р. Лурии, уже давно используемые в отечественной нейропсихологии. Однако необходимо помнить, что при переводе традиционной методики в компьютерный вариант, она становится несколько другой, так как применяется в изменившихся условиях и с иными требованиями к выполнению [Bauer et al., 2012]. В частности, компьютерные тесты, следующие стандартной процедуре, не учитывают индивидуальные особенности респондента, в отличие от специалиста-нейропсихолога, проводящего традиционное нейропсихологическое обследование. Поэтому такая методика требует дополнительной апробации, частью которой является настоящая работа. Вместе с тем, компьютеризация открывает ряд новых возможностей, например: унификацию подачи инструкции и самой процедуры тестирования, точную оценку временных параметров и быструю выдачу результатов.

Обсуждаемая далее батарея позволяет оценить несколько групп функций – это функции программирования и контроля деятельности (управляющие функции, связанные с III блоком мозга в терминологии А.Р. Лурии), а также функции переработки слуховой и зрительно-про-

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... пространственной информации (относящиеся ко II блоку мозга в терминологии А.Р. Лурии). Применение компьютеризированных методов открывает новые возможности для исследования формирования этих компонентов ВПФ в детском возрасте. В современной нейропсихологии большее внимание уделяется нарушениям развития у детей, а не исследованию становления ВПФ в онтогенезе, поэтому эта сфера требует ещё дополнительного изучения. Вместе с тем, определённые данные по этим вопросам уже также имеются.

Так, известно, что процесс развития мозга очень длителен и завершается только к 20-25 годам жизни. Созревание структур мозга, как белого, так и серого вещества, идёт неравномерно, быстрее всего в младенческом возрасте и затем замедляется, некоторые структуры начинают развиваться раньше, некоторые – позже [Семёнова и др., 2007]. С этим связаны и гетерохронность, и скачкообразность становления различных ВПФ [Микадзе, 2012; Семенович, 2002]. В процессе взросления традиционно выделяют несколько периодов развития – с рождения до одного года, от года до трёх лет, от трёх до 7 лет, от 7 до 12 лет и далее до взрослого возраста. Каждому периоду соответствуют свои особенности и специфика становления ВПФ. Возраст 7-12 лет очень важен, так как в это время обычно начинается получение образования, что, согласно Л.С. Выготскому, оказывает значительное влияние на формирование ВПФ [Выготский, 1996]. Показано, что как раз в этот период происходит особенно активное развитие лобных отделов головного мозга, обеспечивающих работу управляющих функций [Семёнова и др., 2007; 2015]. Начиная с 6-7 лет у детей резко возрастает скорость обработки информации, способность к выбору и переключению между стратегиями, способность к оперированию информацией и сохранению её даже в случаях интерференции [Diamond, 2002]. В этот же период происходит значительное развитие зрительно-пространственного гнозиса и зрительно-моторной координации, в то время как формирование элементов простого зрительного восприятия несколько замедляется [Безруких, Теребова, 2008]. В одной из работ на примере выполнения задач n-back показано улучшение как зрительно-пространственной, так и слуховой рабочей памяти в нормативной выборке детей 6-13 лет [Vuontela et al., 2003]. Что касается функции переработки слуховой информации, в частности, чтения – то здесь скорость развития достигает своего пика в 6-7 лет, а дальше в некоторой степени снижается [Rathbun et al., 2004]. Общая гетерохрония развития такова, что существуют даже данные о временном ухудшении в функционировании некоторых ВПФ в определённых возрастах: компонентов управляющих функций в 10-12 лет [Семёнова и др., 2015] или чтения во 2 классе [Nevo, Bar-Kochva, 2015].

Но ключевым в развитии ВПФ всё же остаётся период 6-7 лет. Изменения в этом возрасте могут быть вызваны не только физиологическим созреванием соответствующих зон мозга, но

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... и появлением новых требований к поведению и деятельности в учебном процессе при переходе к школьному обучению. Упомянутые функции являются необходимыми для успешного обучения, и условия школы, во многом трудные и непривычные для детей в этом возрасте, также высвечивают и обостряют множество проблем в развитии, которые не были заметны ранее, что в целом может приводить к трудностям обучения. Поэтому для выявления детей с нарушениями развития необходимо обладать точными данными о нормативном формировании ВПФ в младшем школьном возрасте, и в этом может оказаться полезной разрабатываемая и анализируемая нами батарея тестов для детей 6-9 лет.

В рамках нашей работы мы анализируем особенности выполнения четырёх тестов, входящих в батарею нейропсихологического обследования [Ахутина и др., 2017], детьми от 6 до 9 лет. Основной целью работы является апробация методик из батареи нейропсихологического тестирования для детей старшего дошкольного и младшего школьного возраста. Благодаря особенностям компьютерных методик (условиям проведения и оценке временных параметров) мы также предполагаем получить новые данные о возрастных особенностях состояния следующих компонентов ВПФ – управляющих функций и функций переработки слуховой и зрительно-пространственной информации, у российских детей 6-9 лет.

Методика исследования

Выборка

В исследовании принимало участие 454 ребёнка (53% – мальчики) в возрасте от 6 до 9 лет из учреждений дошкольного и школьного образования г. Москвы, из них 142 дошкольника, 91 первоклассник, 154 второклассника и 67 третьеклассников. У всех детей родной язык – русский, никто из участников не имел диагностированных неврологических нарушений или нарушений развития.

Описание методик

Все дети обследованы с помощью 4 компьютеризированных методик в программе Практика-МГУ (Анализ понимания предложений (кроме 2-го класса), тест «Точки», Кубики Корси, Понимание близких по звучанию слов).

1. Тест «Точки»

Тест представляет собой модифицированную методику «The Dots task», созданную М. Davidson и А. Diamond в 2006 году [Davidson et al., 2006; Diamond, 2013]. Как и оригинальная

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... методика, данный тест направлен преимущественно на оценку функции программирования и контроля.

Во время выполнения методики при появлении стимулов на экране ребёнок должен нажимать определённые кнопки в ответ на стимулы, появляющиеся слева или справа на экране компьютера, в соответствии с заданной инструкцией. Методика состоит из трёх субтестов. В первом субтесте ребёнок должен нажимать на кнопку с той же стороны, где появляется изображение, что позволяет определить общую способность следовать инструкции и скорость реакции. Во втором субтесте, более трудном для выполнения, правильным ответом является нажатие кнопки в противоположной от изображения части экрана, что оценивает способность ребёнка к отторгиванию естественной, но неверной реакции. Третий субтест является совмещением первого и второго субтестов и направлен на оценку способности переключения между двумя конкурирующими программами. Из-за высокой сложности и энергозатратности третьего субтеста с его помощью также можно проверить состояние функции регуляции и активности. Каждый субтест состоит из 20 стимулов.

На основании ответов подсчитываются следующие параметры:

- 1) Время реакции в каждом субтесте – среднее время ответа на протяжении субтеста (в секундах).
- 2) Общее время реакции во всей пробе (в секундах).
- 3) Стабильность темпа ответов в каждом субтесте – стандартное отклонение времени реакции на протяжении субтеста (в секундах).
- 4) Общая стабильность темпа во всей пробе (в секундах).
- 5) Продуктивность в каждом субтесте – количество правильных ответов в субтесте (по шкале от 0 до 20).
- 6) Общая продуктивность во всей пробе (по шкале от 0 до 60).

2. Кубики Корси

Тест направлен на оценку функций переработки зрительно-пространственной информации и состояния зрительно-пространственной рабочей памяти [Verch et al., 1988]. При выполнении данной методики ребёнок должен запомнить и в правильном порядке воспроизвести серию кубиков, загорающих на экране, путём поочередного нажатия на них. Серия содержит в себе от 2 до 9 кубиков, количество которых увеличивается при правильном ответе. Если ребёнок не в состоянии воспроизвести последовательность за 5 попыток, проба прерывается.

На основании ответов подсчитываются следующие параметры:

- 1) Максимальная длина последовательности – максимальная длина серии, которую смог воспроизвести ребёнок в нужном порядке (по шкале от 0 до 9).
- 2) Время реакции первого ответа – время нажатия первого кубика в серии в ответе, усреднённое по всем сериям (в секундах).
- 3) Время реакции последующих ответов – время нажатия в ответе всех кубиков, начиная со второго, усреднённое по всем сериям (в секундах).

3. Понимание слов, близких по звучанию

Методика представляет собой адаптированную для детей версию пробы, разработанной для оценки речи при афазии [Цветкова и др., 1981], и нацелена на исследование состояния функции переработки слуховой информации.

В процессе выполнения методики ребёнок должен запомнить и правильно воспроизвести предъявленную на слух серию слов, близких по звучанию или произношению, путём поочередного нажатия на соответствующие картинки, представленные на экране. Инструкция и слова озвучиваются компьютером, предварительно также даётся название каждой из картинок. В пробе представлено восемь последовательностей длиной от двух до пяти слов, по две последовательности каждой длины. Изменение порядка слов при ответе не считается ошибкой, но также учитывается при анализе. Набор картинок остаётся постоянным на протяжении всей пробы.

На основании ответов подсчитываются следующие параметры:

- 1) Количество правильных ответов – общее число правильных ответов во всей пробе (по шкале от 0 до 40).
- 2) Звуковые замены – доля ошибок по типу звуковых замен относительно общего числа ответов (по шкале от 0 до 1, где 0 – полное отсутствие ошибок).
- 3) Нарушения порядка – доля серий с нарушением последовательности стимулов относительно общего числа серий (по шкале от 0 до 1).

4. Анализ понимания предложений

Методика основана на пробах «Понимание логико-грамматических конструкций» и «Понимание предложных конструкций», применяемых в классическом нейропсихологическом обследовании [Ахутина и др., 2017]. Это комплексная методика, направленная на оценку состояния

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... функции переработки зрительно-пространственной информации (её квазипространственного компонента), функции программирования и контроля, а также речевой функции.

При выполнении данной методики ребёнок должен правильно сопоставить прозвучавшую фразу с одной из предъявляемых на экране картинок. Инструкция и фразы озвучиваются компьютером.

Методика состоит из двух частей. Первая часть направлена на оценку понимания обратимых активных и пассивных грамматических конструкций в случае как прямого, так и обратного порядка слов. Во второй части оценивается понимание ребёнком обратимых предложных конструкций, описывающих пространственные отношения предметов.

На основании ответов в каждом субтесте подсчитываются следующие параметры:

- 1) Точность – точность понимания грамматических или предложных конструкций (по шкале от 0 до 1, где 1 – 100% правильных ответов).
- 2) Время реакции – среднее время опознания грамматических или предложных конструкций (в секундах).

Результаты

Тест «Точки»

Средние значения продуктивности, времени реакции и стабильности темпа ответов в трёх субтестах методики «Точки» в разных возрастных группах представлены на рисунке 1.

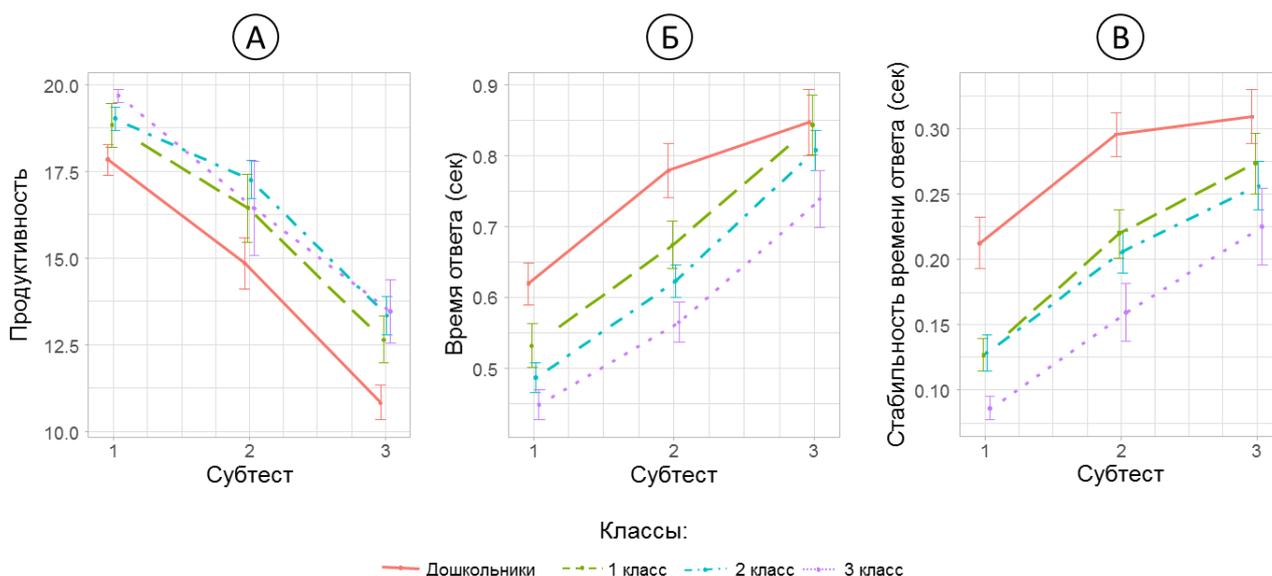


Рис. 1. Продуктивность, время реакции и стабильность темпа ответов в трёх субтестах теста «Точки» у детей разного возраста.

В пробе «Точки» для оценки различий количества правильных ответов, времени реакции и среднего отклонения времени реакции по сериям в разных возрастных группах производился дисперсионный анализ для повторных измерений с одним внутригрупповым фактором – *Субтест*, и одним межгрупповым – *Класс*, а для сравнения общих показателей по всем сериям – однофакторный дисперсионный анализ (фактор – *Класс*).

Согласно дисперсионному анализу для повторных измерений, фактор *Класс* оказывает значимое влияние на все исследуемые параметры. Так, с возрастом увеличивается количество правильных ответов ($F(3, 443) = 20,843$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,124$). Попарные сравнения с поправкой Тьюки (Tukey HSD) указывают, что дошкольники совершают значительно больше ошибок, чем все остальные дети ($p < 0,001$). Обнаруживается значимое влияние взаимодействия факторов *Класс* и *Субтест* на продуктивность ($F(6, 866) = 2,175$; $p = 0,043$; $\eta_p^2 = 0,015$). Как можно увидеть на графике А (рис. 1), дошкольники выполняют задания в третьей серии значительно хуже более старших детей, а третьеклассники отличаются от других младших школьников только в первой серии. Фактор *Класс* также влияет на время реакции ($F(3, 444) = 21,855$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,129$) – оно уменьшается у более старших детей, при этом помимо отличия дошкольников от других классов ($p \leq 0,008$) наблюдается также различие между 1 и 3 классами ($p < 0,001$). Влияние взаимодействия факторов *Класс* и *Субтест* на время реакции несколько больше ($F(6, 866) = 5,752$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,037$), чем на продуктивность. Это связано с уменьшением различий между возрастными группами по мере усложнения заданий, в особенности, в 3 серии.

Наконец, установлено также, что скорость реакции в зависимости от возрастной группы становится более стабильной (для фактора *Класс* $F(3, 425) = 44,626$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,24$). В этом случае попарное сравнение показывает, что почти все группы детей различаются между собой ($p \leq 0,005$), за исключением 1 и 2 классов ($p = 0,702$). Взаимодействие факторов *Класс* и *Субтест* на этот параметр оказывает слабый, но значимый эффект ($F(6, 850) = 2,240$; $p = 0,038$; $\eta_p^2 = 0,016$), что вновь связано со снижением различий между группами в 3 серии.

Однофакторный дисперсионный анализ общих показателей по всей пробе подтверждает полученные результаты: $F(3, 447) = 21,481$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,127$ для продуктивности; $F(3, 447) = 22,121$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,13$ для времени реакции; $F(3, 447) = 36,269$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,197$ для стабильности ответов. При проверке с помощью попарного сравнения также обнаруживается сходная картина – дошкольники отличаются от более старших детей по всем

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... исследуемым параметрам ($p \leq 0,008$ во всех случаях) и между школьниками дополнительно наблюдается отличие в скорости ответов и её равномерности – между 1 и 3 классом для времени реакции ($p < 0,001$) и между 1 и 3 классом и 2 и 3 классом для стабильности ответов ($p \leq 0,003$).

Тест «Кубики Корси»

Средние значения максимальной длины правильно воспроизведённой последовательности и времени реакции в начале и в процессе выполнения методики «Кубики Корси» в разных возрастных группах представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средняя длина правильно воспроизведённой последовательности и время реакции в тесте «Кубики Корси» у детей разного возраста (в скобках здесь и далее указано стандартное отклонение)

Группа	Средняя длина правильно воспроизведённой последовательности	Время реакции	
		1 кубик	Последующие кубики
Дошкольники	4,2 (1,26)	2,02 (0,79)	1,15 (0,56)
1 класс	5,11 (0,84)	1,8 (0,66)	1,04 (0,37)
2 класс	5,19 (0,91)	1,61 (0,45)	0,85 (0,3)
3 класс	5,46 (0,8)	1,61 (0,64)	1,0 (0,42)
Статистика дисперсионного анализа	F (3, 443) = 34,326 p < 0,001 $\eta^2 = 0,19$	F (3, 443) = 11,721 p < 0,001 $\eta^2 = 0,074$	F (3, 443) = 12,01 p < 0,001 $\eta^2 = 0,076$

Анализ данных по средней длине серии и времени реакции в тесте «Кубики Корси» показывает, что фактор *Класс* оказывается значимым также для количества правильно указанных кубиков и скорости нажатия как первого, так и последующих кубиков. Старшие дети способны запомнить более длинную серию кубиков теста, быстрее ориентируются, приступая к выполнению задания, и с большей скоростью воспроизводят серию в целом.

Вместе с тем, согласно попарному сравнению с поправкой Тьюки, такие результаты вновь получаются в основном за счёт отличия дошкольников. Это особенно верно для максимальной

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... длины воспроизведённой серии – здесь только дошкольники отстают от остальной части выборки ($p < 0,001$), и для времени первого ответа – дошкольники значительно медленнее 2 и 3 класса ($p < 0,001$). В то же время распределение различий для скорости реакции внутри серии иное – в данном случае выделяется 2 класс, который значительно быстрее дошкольников и первоклассников.

Понимание слов, близких по звучанию

Средние значения количества правильных ответов, ошибок по типу звуковых замен и нарушений порядка внутри серии в методике «Понимание слов, близких по звучанию» в разных возрастных группах представлены в таблице 2.

Таблица 2

Количество правильных ответов и ошибки в пробе на слова, близкие по звучанию, у детей разного возраста

Группа	Количество правильных ответов	Звуковые замены	Нарушения порядка
Дошкольники	16.8 (6.76)	0.24 (0.1)	0.35 (0.19)
1 класс	20.63 (6.92)	0.21 (0.08)	0.28 (0.18)
2 класс	21.7 (6.45)	0.21 (0.07)	0.27 (0.15)
3 класс	23.64 (6.76)	0.17 (0.06)	0.26 (0.15)
Статистика дисперсионного анализа	F (3, 448) = 20,778 p < 0,001 $\eta^2 = 0,123$	F (3, 448) = 9,726 p < 0,001 $\eta^2 = 0,062$	F (3, 448) = 8,055 p < 0,001 $\eta^2 = 0,052$

Фактор *Класс* также оказывает влияние на все исследуемые параметры в пробе на понимание слов, близких по звучанию. С возрастом у детей увеличивается общее число правильных ответов, снижается доля близких звуковых замен и нарушений порядка воспроизведения.

Попарные сравнения показывают уже знакомую картину – дошкольники значительно отличаются от более старших детей. Так, они совершают больше ошибок, чем другие классы ($p < 0,001$), и больше, чем 2 и 3 классы, путают схожие между собой слова ($p \leq 0,004$). По данным параметрам различаются также 1 и 3 классы ($p = 0,029$ для количества правильных ответов и $p = 0,015$ для близких замен). Одновременно дошкольники также испытывают более значимые трудности в воспроизведении слов в порядке предъявления ($p \leq 0,006$ для всех классов).

Анализ понимания предложений

Средние значения точности и времени выполнения двух субтестов в методике «Анализ понимания предложений» представлены в таблице 3.

Таблица 3

Средние показатели выполнения двух субтестов у детей разного возраста

Группа	Субтест 1 (логико-грамматические конструкции)		Субтест 2 (предложные конструкции)	
	Точность	Время ответа	Точность	Время ответа
Дошкольники	0,78 (0,18)	3,1 (1,63)	0,51 (0,25)	4,06 (2,38)
1 класс	0,85 (0,16)	2,42 (0,97)	0,69 (0,24)	3,58 (1,38)
2 класс	0,9 (0,09)	2,14 (0,8)	0,77 (0,19)	3,62 (1,39)
3 класс	0,9 (0,12)	1,9 (0,83)	0,73 (0,22)	3,04 (1,34)
Статистика дисперсионного анализа	F (3,311) = 10,611 p < 0,001 $\eta^2 = 0,094$	F (3,311) = 15,862 p < 0,001 $\eta^2 = 0,134$	F (3,311) = 19,986 p < 0,001 $\eta^2 = 0,163$	F (3,311) = 4,471 p = 0,004 $\eta^2 = 0,042$

Для оценки возрастных различий был проведен однофакторный дисперсионный анализ данных точности и времени реакции по двум субтестам пробы на понимание предложений. Он показал значимое влияние фактора *Класс* на продуктивность и скорость выполнения во всех случаях. Более старшие школьники успешнее справляются с пониманием как логико-грамматических залоговых, так и предложных конструкций, и им требуется меньше времени для их опознания. При этом согласно попарному сравнению классов с поправкой Тьюки, на уровне отдельных возрастных групп значимые различия наблюдаются только при сравнении дошкольников с другими возрастными группами ($p \leq 0,013$ во всех случаях), в то время как школьники выполняют задание примерно со сходной успешностью и скоростью ($p > 0,23$ при сравнении классов между собой во всех случаях). Единственное значимое отличие получено только при сравнении времени реакции в первом субтесте у первоклассников и третьеклассников.

Обсуждение результатов

Проведенный анализ результатов выполнения компьютеризированных методик показал наличие значимых эффектов возрастной группы практически по всем параметрам. В целом, это

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... указывает, что состояние исследуемых компонентов ВПФ заметно меняется в возрасте от 6 до 9 лет, однако эти изменения носят неоднородный характер. Самые очевидные и отчётливые различия получены при сравнении дошкольников с остальными возрастными группами, различия же между младшими школьниками из разных возрастных групп заметно меньше. Это позволяет утверждать, что при переходе от дошкольного к школьному возрасту происходит заметное развитие всех анализируемых функций – и программирования и контроля, и функций переработки зрительно-пространственной и слуховой информации, что согласуется с результатами других исследований. Так, на материале выполнения традиционных нейропсихологических проб в работе Семёновой О.А. с соавторами показано, что дети проходят пиковый период развития управляющих функций именно в 6-7 лет [Семёнова и др., 2007]. С другой стороны, в этой же работе получены данные о более активном прогрессе функций планирования произвольных действий и в более старшем возрасте 8-9 лет. С этим может быть связано полученное нами снижение времени выполнения теста «Кубики Корси» – темп ответов, возможно, увеличивается в том числе за счёт лучшего планирования выполнения последовательности. Полученный результат можно связать как с пиковым периодом развития мозговых структур в 6-7 лет, так и с формированием ВПФ под действием новой учебной деятельности, впервые появляющейся именно в этом возрасте. Так как школа предъявляет достаточно жёсткие требования к поведению и функционированию, к которым детям приходится быстро приспосабливаться, можно предположить, что именно они оказывают такое влияние на стремительное развитие ВПФ и, как следствие, на результаты нейропсихологического тестирования. В дальнейшем такой резкой смены деятельности уже не наблюдается, поэтому и различия между школьниками оказываются менее заметными.

Помимо этого отличия, получены также и данные о различиях между тремя возрастными группами младших школьников, однако они менее отчётливы и требуют более тонкого анализа и отдельного обсуждения. Остановимся более подробно на выполнении отдельных тестов, направленных на оценку разных компонентов ВПФ.

Все три основных параметра выполнения методики «Точки», направленной, прежде всего, на оценку состояния функций программирования и контроля, улучшаются с возрастом – дети из старших групп выполняют этот тест с меньшим количеством ошибок, быстрее и более стабильно. При этом основной эффект в данном случае получен за счёт заметного повышения продуктивности у младших школьников по сравнению с дошкольниками. Время ответа, в отличие от продуктивности, различается не только при сравнении дошкольников со школьниками

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... ками, но и между учащимися 1 и 3 классов. Также значимыми оказываются и различия в стабильности времени ответа между этими двумя группами. Таким образом, в рамках данной пробы, в целом, можно говорить о заметных различиях в динамических характеристиках её выполнения между школьниками разного возраста при несущественных изменениях в продуктивности. При этом обращает на себя внимание некоторая «смазанность» результатов по всем параметрам в 3 серии, которую все дети младшего школьного возраста выполняют практически одинаково плохо (рис. 1). Напомним, что эта серия была нацелена на отслеживание способности к переключению между двумя конкурирующими задачами, но результаты свидетельствуют, что подобное задание ещё слишком сложно для всех исследованных возрастных групп, включая третьеклассников. Таким образом, наиболее показательной серией в этой методике является вторая, оценивающая способность к отторгиванию нерелевантного задачи «естественного» ответа. Из этого также можно сделать вывод, что в возрасте 7-9 лет не происходит качественного скачка в формировании управляющих функций.

Значимое улучшение временных характеристик в первых двух сериях не может напрямую свидетельствовать о развитии функций III блока мозга, в то время как считается, что созревание структур ствола мозга, в большей степени отвечающих за нейродинамические параметры, к 6 годам уже завершено. Тем не менее, можно предположить следующий механизм – в скорость и стабильность выполнения делают свой вклад одновременно и функция серийной организации движений, и I блок, и функция программирования, регуляции и контроля, причём таким образом, что задача с возрастом становится проще для выполнения и требует меньше ресурсов, что проявляется в улучшении временных характеристик при сохранении точности выполнения. Именно поэтому в данном случае самым показательным является параметр «Стабильность темпа ответов», размер эффекта которого достигает $\eta_p^2 = 0,24$.

Состояние функции переработки зрительно-пространственной информации оценивалось в первую очередь по результатам выполнения пробы «Кубики Корси», а также по параметру «Нарушения порядка» методики «Понимание слов, близких по звучанию». Выполнение пробы «Анализ понимания предложения» позволяет оценить состояние самого высокого уровня данной ВПФ – квазипространственного. По результатам всех перечисленных методик и их параметров наблюдается улучшение выполнения с возрастом, особенно при переходе из дошкольного возраста к первому классу школы. В то же время сами младшие школьники отличаются между собой незначительно. Различия не получены даже для временных параметров, что дополнительно указывает на то, что в пробе «Точки» столь значимое увеличение скорости выполнения связано не с развитием I блока мозга – в ином случае все временные характеристики

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... выполнения изменялись бы сходно. В целом, подобные результаты сходятся с другими данными: например, в работе G. Iskh и коллег, посвящённой исследованию зрительного восприятия у детей 5-17 лет, также не получено значимых скачков в успешности выполнения заданий – различия накапливаются и становятся значимы с возрастом [Iskh et al., 2017]. Единственным заметным отличием является резкое улучшение копирования рисунка в возрасте от 5 до 6 лет. Существующие нормативные данные по выполнению теста «Кубики Корси» в его оригинальном, «карандашном» варианте согласуются с нашими и также показывают плавное, но равномерное увеличение объёма запоминаемого материала с 4 до 16 лет [Pagulayan et al., 2007; Orsini et al., 1987; Orsini, 1994]. Согласно другим данным, активное формирование функции переработки зрительно-пространственной информации начинается как раз в возрасте 6-7 лет [Безруких, Терехова, 2009]. Из этого можно сделать вывод, что в целом развитие зрительно-пространственного гнозиса, начиная со школьного возраста, протекает достаточно плавно.

Интересным моментом в методике «Кубики Корси» является почти двукратное различие во времени реакции между первым моментом ответа и интервалами между ответами внутри серии. Это указывает на то, что планирование и инициация серийного ответа требует больших ресурсов, чем текущие коррекции при выполнении уже начатого движения.

Результаты пробы «Понимание слов, близких по звучанию» свидетельствуют о продолжающемся формировании функции переработки слуховой информации, в частности, фонематического слуха, на что указывает сокращающееся количество звуковых замен. Об этом же косвенно могут свидетельствовать значимые различия между детьми разного возраста пробы «Анализ понимания предложений». Эти результаты согласуются с данными других авторов: так, в работе G. Forrester и G. Geffen, исследовавших слухоречевую память у детей 7-15 лет, получены значимые различия в продуктивности запоминания в зависимости от возраста, причём дети 7-8 лет воспроизводили слова значительно хуже других групп [Forrester, Geffen, 1991]. Дополнительно было установлено, что младшим детям более свойственны эффекты про- и ретроактивного торможения по сравнению со старшими детьми, а также с возрастом несколько уменьшалось забывание, хотя сильных скачков улучшения отсроченного припоминания не было отмечено. Авторы данной работы не изучали детей младше 7 лет и производили сравнение детей по возрастам, а не по классам, как в нашем исследовании, чем может объясняться различие в возрасте основного скачка продуктивности – в нашей работе он происходит скорее между детьми 6 (дошкольники) и 7 лет (1 класс). В другой работе также установлено значительное уменьшение количества ошибок в заданиях на слухоречевую память при переходе от дошкольного к школьному возрасту [Mann, Liberman, 1984].

Что касается фонематического слуха, то уровень его развития в дошкольном возрасте большинство авторов считают предиктором успешности обучения чтению в школе [напр. Näslund, Schneider, 1991; Mann, Liberman, 1984; Deacon, Kirby, 2004; и др.], в связи с чем этот компонент переработки слуховой информации в младших классах изучается относительно мало. В частности, существуют данные, что уровни развития фонематического слуха и чтения со 2 класса начинают высоко коррелировать [Hogan et al., 2005], однако в нашей работе исследование чтения не проводилось.

Как можно видеть, результаты, полученные с помощью нейропсихологической батареи тестов для детей 6-9 лет, в целом совпадают с данными других авторов, как отечественных, так и зарубежных, что свидетельствует о правомерности применения данной батареи для оценки состояния ВПФ у детей. Дополнительно получены данные о значительных различиях в выполнении методик между детьми дошкольного и школьного возраста. Скачок развития ВПФ, обеспечивающий такие различия, может быть вызван сменой ведущей деятельности с игровой на учебную. По нашим данным, процесс становления ВПФ в младшем школьном возрасте происходит медленнее (по сравнению с 6-7 годами). При этом различия между младшими школьниками чаще достигают уровня значимости при большей разнице в возрасте респондентов – так, первый и третий классы различаются между собой чаще, чем второклассники от каких-либо других детей. Поэтому можно предположить, что для получения более устойчивых результатов следует также исследовать более старших детей учащихся четвертого, пятого или даже шестого классов. Для более глубокого изучения именно учащихся младшей школы, вероятно, требуется создание новых, более тонких методик или же выделение иных параметров в уже существующих пробах. Можно заметить, что в оценке состояния ВПФ детей младшего школьного возраста оказались особенно полезными временные параметры батареи тестов, редко используемые в традиционном нейропсихологическом обследовании. В частности, примером чувствительного параметра является «Стабильность темпа ответов» в тесте «Точки», по результатам которого практически все возрастные группы различаются между собой.

Заключение

Анализируемые компьютеризированные методики для детей 6-9 лет показывают достаточную чувствительность к различиям состояния оцениваемых компонентов ВПФ и могут быть использованы для диагностики этих функций в детском возрасте.

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения...

Анализ результатов выполнения компьютерных методик показывает, что развитие всех исследуемых функций – программирования, регуляции и контроля, серийной организации движений, переработки слуховой и зрительно-пространственной информации – продолжается в возрасте 6-9 лет.

Наибольший скачок измеряемых показателей зафиксирован при сравнении групп дошкольников и первоклассников. Этот результат может быть связан, с одной стороны, с активным созреванием обеспечивающих функции мозговых структур, а с другой – с новыми требованиями, предъявляемыми новой учебной деятельностью, с которой сталкиваются испытуемые. После этого формирование ВПФ несколько замедляется и остаётся стабильным на протяжении более старшего возраста.

Наиболее активно развиваются функции III блока мозга – функция программирования, регуляции и контроля произвольной деятельности и функция серийной организации движений.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 19-013-00668.

Литература

Астаева А.В., Малкова А.А. Анализ современных компьютеризированных программ диагностики и коррекции в детской нейропсихологии. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Психология, 2018, 11(4), 39-47. doi:10.14529/psy180405.

Ахутина Т.В., Кремлёв А.Е., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю., Гусев А.Н. Разработка компьютерных методик нейропсихологического обследования. В кн.: Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г. М.: ООО «Буки Веди», ИППиП, 2017. С. 486–490.

Безруких М.М., Терехова Н.Н. Зрительное восприятие как интегративная характеристика познавательного развития детей 5-7 лет. Новые исследования, 2008, 1(14-1), 13-26.

Безруких М.М., Терехова Н.Н. Особенности развития зрительного восприятия у детей 5-7 лет. Физиология человека, 2009, 35(6), 37-42.

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения...
Выготский Л.С. Проблема обучения и умственного развития в школьном возрасте. Психологическая наука и образование, 1996, 1(4), 5-18.

Микадзе Ю.В. Нейропсихология детского возраста. СПб: Издательский дом "Питер", 2012.

Семенова О.А., Кошельков Д.А., Мачинская Р.И. Возрастные изменения произвольной регуляции деятельности в старшем дошкольном и младшем школьном возрасте. Культурно-историческая психология, 2007, 3(4), 39-49. doi:10.17759/chp.2007030405.

Семенова О.А., Мачинская Р.И., Ломакин Д.И. Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля когнитивной деятельности у детей. Сообщение I. Нейропсихологический и электроэнцефалографический анализ возрастных преобразований регуляторных функций мозга в период от 9 до 12 лет. Физиология человека, 2015, 41(4), 5-17.

Семенович А.В. Нейропсихологическая диагностика и коррекция в детском возрасте. М.: АСАДЕМА, 2002.

Цветкова Л.С., Ахутина Т.В., Пылаева Н.М. Методика оценки речи при афазии. М.: МГУ, 1981.

Akhutina T.V., Korneev A.A., Matveeva E.Y., Gusev A.N., Kremlev A.E. The Development of Integral Indices for a Computerized Neuropsychological Test Battery for Children. The Russian Journal of Cognitive Science, 2019, 6(2), 4-19.

Bauer R.M., Iverson G.L., Cernich A.N., Binder L.M., Ruff R.M., Naugle R.I. Computerized neuropsychological assessment devices: joint position paper of the American Academy of Clinical Neuropsychology and the National Academy of Neuropsychology. Archives of Clinical Neuropsychology, 2012, 27(3), 362-373. doi: 10.1093/arclin/acs027.

Berch D.B., Krikorian R., Huha E.M. The Corsi block-tapping task: Methodological and theoretical considerations. Brain and Cognition, 1998, 38(3), 317-338. doi:10.1006/brcg.1998.1039.

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

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения... switching. *Neuropsychologia*, 2006, 44(11), 2037-2078. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006.

De Luca C.R., Wood S.J., Anderson V., Buchanan J.A., Proffitt T.M., Mahony K., Pantelis C. Normative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2003, 25(2), 242-254. doi:10.1076/jcen.25.2.242.13639.

Deacon S.H., Kirby J.R. Morphological awareness: Just "more phonological"? The roles of morphological and phonological awareness in reading development. *Applied Psycholinguistics*, 2004, 25(2), 223-238. doi:10.1017.S0124716404001110.

Diamond A. Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In: D. Stuss, R. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function*. New York, NY: Oxford University Press, 2002, pp. 466-503. doi:10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0029.

Diamond A. Executive functions. *Annual review of psychology*, 2013, No. 64, 135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.

Farrell Pagulayan K., Busch R.M., Medina K.L., Bartok J.A., Krikorian R. Developmental normative data for the Corsi Block-tapping task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2006, 28(6), 1043-1052. doi:10.1080/13803390500350977.

Forrester G., Geffen G. Performance measures of 7- to 15-year-old children on the auditory verbal learning test. *The Clinical Neuropsychologist*, 1991, 5(4), 345-359. doi:10.1080/13854049108404102.

Hogan T.P., Catts H.W., Little T.D. The relationship between phonological awareness and reading. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 2005, 36(4), 285-293. doi:10.1044/0161-1461(2005/029).

Ickx G., Bleyenheuft Y., Hatem S.M. Development of visuospatial attention in typically developing children. *Frontiers in Psychology*, 2017, No. 8, 2064. <http://www.frontiersin.org> doi:10.3389/fpsyg.2017.02064.

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения...

Kessels R.P. Improving precision in neuropsychological assessment: Bridging the gap between classic paper-and-pencil tests and paradigms from cognitive neuroscience. *The Clinical Neuropsychologist*, 2019, 33(2), 357-368. doi:10.1080/13854046.2018.1518489.

Mann V.A., Liberman I.Y. Phonological awareness and verbal short-term memory. *Journal of Learning Disabilities*, 1984, 17(10), 592-599. doi:10.1177/002221948401701005.

Näslund J.C., Schneider W. Longitudinal effects of verbal ability, memory capacity, and phonological awareness on reading performance. *European Journal of Psychology of Education*, 1991, 6(4), 375-392.

Nevo E., Bar-Kochva I. The relations between early working memory abilities and later developing reading skills: a longitudinal study from kindergarten to fifth grade. *Mind, Brain, and Education*, 2015, 9(3), 154-163. doi:10.1111/mbe.12084.

Orsini A. Corsi's block-tapping test: Standardization and concurrent validity with WISC—R for children aged 11 to 16. *Perceptual and motor skills*, 1994, 79(Suppl. 3), 1547-1554. doi:10.2466/pms.1994.79.3f.1547.

Orsini A., Grossi D., Capitani E., Laiacona M., Papagno C., Vallar G. Verbal and spatial immediate memory span: normative data from 1355 adults and 1112 children. *The Italian Journal of Neurological Sciences*, 1987, 8(6), 537-548.

Parsons T.D. Neuropsychological assessment 2.0: Computer-automated assessments. In: *Clinical neuropsychology and technology: What's new and How we can use it*. Springer, Cham, 2016. pp. 47-63. doi:10.1007/978-3-319-31075-6_4.

Rathbun A., West J., Hausken E.G. From kindergarten through third grade children's beginning school experiences (NCES 2004-007). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2004.

Schulz-Heik R.J., Fahimi A., Durazzo T.C., Friedman M., Bayley P.J. Evaluation of adding the CAN-TAB computerized neuropsychological assessment battery to a traditional battery in a tertiary care center for veterans. *Applied Neuropsychology: Adult*, 2020, 27(3), 256-266. doi:10.1080/23279095.2018.1534735.

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения...
Smith P.J., Need A.C., Cirulli E.T., Chiba-Falek O., Attix D.K. A comparison of the Cambridge Automated Neuropsychological Test Battery (CANTAB) with “traditional” neuropsychological testing instruments. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2013, 35(3), 319-328. doi:10.1080/13803395.2013.771618.

Vuontela V., Steenari M.R., Carlson S., Koivisto J., Fjällberg M., Aronen E.T. Audiospatial and visuospatial working memory in 6–13 year old school children. *Learning and Memory*, 2003, 10(1), 74-81. doi:10.1101/lm.53503.

Поступила в редакцию 21 декабря 2020 г. Дата публикации: 30 июня 2021 г.

Сведения об авторах

Жижина Олеся Геннадьевна. Студентка 6 курса кафедры нейро- и патопсихологии факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, ул. Моховая, д. 11, стр. 9, 125009 Москва, Россия.

E-mail: lesya.zh.of@gmail.com

Корнеев Алексей Андреевич. Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории нейропсихологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ул. Моховая, д. 11, стр. 9, 125009 Москва, Россия; старший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии, Российская академия наук, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2, 119121 Москва, Россия.

Email: korneeff@gmail.com

Матвеева Екатерина Юрьевна. Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории нейропсихологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ул. Моховая, д. 11, стр. 9, 125009 Москва, Россия.

Email: obukhova1@yandex.ru

Ссылка для цитирования

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения компьютерных методик нейропсихологического обследования детьми 6-9 лет // Психологические исследования. 2021. Т. 14, № 77, С. 1. URL: <http://psystudy.ru>

Адрес статьи

<http://psystudy.ru/index.php/num/2021v14n77/1875-zhizhina77.html>

Zhizhina O.G.¹, Korneev A.A.¹ Matveeva E.Yu.¹ Age differences in results of computer-based neuropsychological tests in 6-9 years old children

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The preschool age and early school age are associated with active cognitive development. In the current study we examined the development of cognitive functions of pre- and early school age children with the use of computer-based neuropsychological tests. The applied methods estimated the developmental level of executive functions and processing of visual-spatial and auditory information. The sample of 454 children between the ages of 6 to 9 years was divided into four age groups: preschoolers, first graders, second graders, and third graders. In order to compare age-related differences in cognitive functioning we chose the following tests: “The Dots” (executive functions), “Corsi Block-tapping Test” (visual-spatial information processing), “Understanding of similarly sounding words” (auditory information processing), and “Understanding of logical-grammatical constructions” (both executive functions and the processing of visual-spatial and auditory information). Analysis of the results revealed differential performance among the age groups, indicating of the ongoing cognitive development between the ages of 6 to 9 years. The most noticeable differences were detected between preschoolers and first graders in the level of executive functioning. This may be due to the active maturation of the prefrontal cortex in age 6-7 years old, as well as to the transition from playing in kindergarten to school education. The differences between the early school groups were found to be smaller. This may be indicative of slowing the pace of cognitive development in the age of 8-9 years.

Keywords: neuropsychological assessment, computer tests, preschoolers, early school, executive functions, functions of visual-spatial information processing, functions of auditory information processing

Funding

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project 19-013-00668.

References

Akhutina T.V., Kremlev A.E., Korneev A.A., Matveeva E.Yu., Gusev A.N. The Computerized Battery of Neuropsychological Tests. // *Kognitivnaya nauka v Moskve: novye issledovaniya. Materialy konferentsii 15 iyunya 2017 g.* / Pod red. E.V. Pechenkovoii, M.V. Falikman. — M.: ООО «Buki Vedi», IPPiP, 2017. S. 486–490. (In Russian)

Astaeva A.V., Malkova A.A. Analysis of modern computerized diagnostic and correction programs in children's neuropsychology. Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Psikhologiya, 2018, 11(4), 39-47. doi:10.14529/psy180405 (In Russian)

Bezrukikh M.M., Terebova N.N. Zritel'noe vospriyatie kak integrativnaya kharak-teristika poznavatel'nogo razvitiya detei 5-7 let. Novye issledovaniya, 2008, 1(14-1), 13-26. (In Russian)

Bezrukikh M.M., Terebova N.N. Osobennosti razvitiya zritel'nogo vospriyatiya u detei 5-7 let. Fiziologiya cheloveka, 2009, 35(6), 37-42. (In Russian)

Mikadze Yu.V. Neiropsikhologiya detskogo vozrasta: Uchebnoe posobie. Izdatel'-skii dom "Piter", 2012. (In Russian)

Semenova O.A., Koshel'kov D.A., Machinskaya R.I. Age-Specific Changes of Activity Self-Regulation in Preschool-Age and Early School-Age Children. Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya, 2007, 3(4), 39-49. doi:10.17759/chp.2007030405 (In Russian)

Semenova O.A., Machinskaya R.I., Lomakin D.I. The Influence of the Functional State of Brain Regulatory Structures on the Programming, Selective Regulation and Control of Cognitive Activity in Children. Report I: Neuropsychological and EEG Analysis of Age-Related Changes in Brain Regulatory Functions in Children Aged 9–12 Years. Fiziologiya cheloveka, 2015, 41(4), 5-17. (In Russian)

Semenovich A.V. Neiropsikhologicheskaya diagnostika i korrektsiya v detskom vozraste. M.: ACADEMA, 2002. (In Russian)

Tsvetkova L.S., Akhutina T.V., Pylaeva N.M. Metodika otsenki rechi pri afazii. M.: MGU, 1981. (In Russian)

Vygotskii L.S. Problema obucheniya i umstvennogo razvitiya v shkol'nom vozraste. Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie, 1996, 1(4), 5-18. (In Russian)

Bauer R.M., Iverson G.L., Cernich A.N., Binder L.M., Ruff R.M., Naugle R.I. Computerized neuro-

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения...
psychological assessment devices: joint position paper of the American Academy of Clinical Neuro-
psychology and the National Academy of Neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychol-
ogy*, 2012, 27(3), 362-373. doi:10.1093/arclin/acs027.

Berch D.B., Krikorian R., Huha E.M. The Corsi block-tapping task: Methodological and theoretical
considerations. *Brain and Cognition*, 1998, 38(3), 317-338. doi:10.1006/brcg.1998.1039.

Davidson M.C., Amso D., Anderson L.C., Diamond A. Development of cognitive control and execu-
tive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task
switching. *Neuropsychologia*, 2006, 44(11), 2037-2078. doi:10.1016/j.neuropsycholo-
gia.2006.02.006.

De Luca C.R., Wood S.J., Anderson V., Buchanan J.A., Proffitt T.M., Mahony K., Pantelis C. Nor-
mative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *Journal of
Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2003, 25(2), 242-254.
doi:10.1076/jcen.25.2.242.13639.

Deacon S.H., Kirby J.R. Morphological awareness: Just "more phonological"? The roles of morpho-
logical and phonological awareness in reading development. *Applied Psycholinguistics*, 2004, 25(2),
223-238. doi:10.1017.S0124716404001110.

Diamond A. Executive functions. *Annual review of psychology*, 2013, No. 64, 135-168.
doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.

Diamond A. Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive func-
tions, anatomy, and biochemistry. In: D. Stuss, R. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function*.
New York, NY: Oxford University Press, 2002, pp. 466-503. doi:10.1093/ac-
prof:oso/9780195134971.003.0029.

Farrell Pagulayan K., Busch R.M., Medina K.L., Bartok J.A., Krikorian R. Developmental normative
data for the Corsi Block-tapping task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2006,
28(6), 1043-1052. doi:10.1080/13803390500350977.

Forrester G., Geffen G. Performance measures of 7- to 15-year-old children on the auditory verbal
learning test. *The Clinical Neuropsychologist*, 1991, 5(4), 345-359.

Жижина О.Г., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. Возрастные особенности выполнения...
doi:10.1080/13854049108404102.

Hogan T.P., Catts H.W., Little T.D. The relationship between phonological awareness and reading. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 2005, 36(4), 285-293. doi:10.1044/0161-1461(2005/029).

Ickx G., Bleyenheuft Y., Hatem S.M. Development of visuospatial attention in typically developing children. *Frontiers in Psychology*, 2017, No. 8, 2064. <http://www.frontiersin.org>
doi:10.3389/fpsyg.2017.02064.

Kessels R.P. Improving precision in neuropsychological assessment: Bridging the gap between classic paper-and-pencil tests and paradigms from cognitive neuroscience. *The Clinical Neuropsychologist*, 2019, 33(2), 357-368. doi:10.1080/13854046.2018.1518489.

Mann V.A., Liberman I.Y. Phonological awareness and verbal short-term memory. *Journal of Learning Disabilities*, 1984, 17(10), 592-599. doi:10.1177/002221948401701005.

Näslund J.C., Schneider W. Longitudinal effects of verbal ability, memory capacity, and phonological awareness on reading performance. *European Journal of Psychology of Education*, 1991, 6(4), 375-392.

Nevo E., Bar-Kochva I. The relations between early working memory abilities and later developing reading skills: a longitudinal study from kindergarten to fifth grade. *Mind, Brain, and Education*, 2015, 9(3), 154-163. doi:10.1111/mbe.12084.

Orsini A. Corsi's block-tapping test: Standardization and concurrent validity with WISC—R for children aged 11 to 16. *Perceptual and motor skills*, 1994, 79(Suppl. 3), 1547-1554. doi:10.2466/pms.1994.79.3f.1547.

Orsini A., Grossi D., Capitani E., Laiacona M., Papagno C., Vallar G. Verbal and spatial immediate memory span: normative data from 1355 adults and 1112 children. *The Italian Journal of Neurological Sciences*, 1987, 8(6), 537-548.

Parsons T.D. Neuropsychological assessment 2.0: Computer-automated assessments. In: *Clinical neuropsychology and technology: What's new and How we can use it*. Springer, Cham, 2016. pp. 47-

63. doi:10.1007/978-3-319-31075-6_4.

Rathbun A., West J., Hausken E.G. From kindergarten through third grade children's beginning school experiences (NCES 2004-007). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2004.

Schulz-Heik R.J., Fahimi A., Durazzo T.C., Friedman M., Bayley P.J. Evaluation of adding the CANTAB computerized neuropsychological assessment battery to a traditional battery in a tertiary care center for veterans. *Applied Neuropsychology: Adult*, 2020, 27(3), 256-266. doi:10.1080/23279095.2018.1534735.

Smith P.J., Need A.C., Cirulli E.T., Chiba-Falek O., Attix D.K. A comparison of the Cambridge Automated Neuropsychological Test Battery (CANTAB) with “traditional” neuropsychological testing instruments. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2013, 35(3), 319-328. doi:10.1080/13803395.2013.771618.

Vuontela V., Steenari M.R., Carlson S., Koivisto J., Fjällberg M., Aronen E.T. Audiospatial and visuospatial working memory in 6–13 year old school children. *Learning and Memory*, 2003, 10(1), 74-81. doi:10.1101/lm.53503.

Information about authors

Zhizhina Olesya G. 6th year student of the Department of Neuro- and Pathopsychology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, ul. Mokhovaya, 11-9, 125009 Moscow, Russia.
E-mail: lesya.zh.of@gmail.com

Korneev Aleksei A. Ph.D. in Psychology, Senior Research Associate, Laboratory of Neuropsychology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, ul. Mokhovaya, 11-9, 125009 Moscow, Russia; Senior Research Associate, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, ul. Pogodinskaya, 8-2, 119121 Moscow, Russia.
E-mail: korneeff@gmail.com

Matveeva Ekaterina Yu. Ph.D. in Psychology, Senior Research Associate, Laboratory of Neuropsychology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, ul. Mokhovaya, 11-9, 125009 Moscow, Russia.
E-mail: obukhova1@yandex.ru

To cite this article

Zhizhina O.G., Korneev A.A. Matveeva E.Yu. Age differences in results of computer-based neuropsychological tests in 6-9 years old children. *Psikhologicheskie Issledovaniya*, 2021, Vol. 14, No. 77, p. 1. <http://psystudy.ru>