

Возрастные преобразования познавательных функций у детей в возрасте от 5 до 7 лет: нейропсихологический анализ¹

О.А. Семенова

кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник Института возрастной физиологии Российской академии образования

Р.И. Мачинская

доктор биологических наук, заведующая лабораторией Института возрастной физиологии Российской академии образования

Цель исследования состояла в выявлении возрастных преобразований познавательных функций у детей в период от 5 до 7 лет. В исследовании приняли участие 15 детей 5–6 лет и 27 детей 6–7 лет с нормальным статусом. Все дети прошли полное нейропсихологическое обследование по классической схеме А.Р. Лурии, адаптированной для детей 6–9 лет Т.В. Ахутиной с соавторами и модифицированной в целях настоящего исследования. Исследование показало, что у детей без когнитивных и/или поведенческих трудностей при переходе от 5–6 к 6–7 годам происходят существенные изменения познавательной сферы, которые касаются как произвольной регуляции деятельности, так и процессов обработки вербальной и зрительно-пространственной информации. Отмечается улучшение возможностей усвоения инструкций и алгоритмов деятельности. В сфере обработки зрительной информации повышаются возможности синтеза целостного образа и восприятия структурно-топологических отношений и пропорций, а также эффективность зрительного запоминания. В речевой сфере наблюдаются прогрессивные изменения преимущественно лексических и семантических аспектов речи. Показано, что возрастные изменения отдельных компонентов произвольной регуляции деятельности, зрительного восприятия и речевых функций взаимосвязаны. По другим компонентам когнитивной деятельности значимых возрастных изменений при переходе от 5–6 к 6–7 годам обнаружено не было, что говорит о гетерохронном созревании различных составляющих когнитивной деятельности на данном этапе онтогенеза. Взаимосвязанность прогрессивных изменений познавательных функций может быть обусловлена наличием общих факторов, определяющих их развитие.

Ключевые слова: дети 5–7 лет, возрастные преобразования познавательных функций, нейропсихология.

Исследование возрастных особенностей познавательных функций при нормальном онтогенезе представляет большой научный и практический интерес. С одной стороны, подобное исследование способствует пониманию закономерностей психического развития. С другой стороны, оно делает возможным построение траектории нормального развития и, тем самым, позволяет уточнять критерии познавательных дефицитов на каждом возрастном этапе. Известно, что развитие психических функций подчиняется закону гетерохронии [8], более интенсивного формирования одних функций по сравнению с другими. Каждая из функций при этом имеет свою траекторию развития, свои сенситивные периоды, которые должны учитываться при выборе методов обучения. Возраст 5–7 лет является социально значимым, так как именно в этот период происходит подготовка детей к школьному обучению, формируются базовые

навыки, необходимые для освоения общеобразовательной программы. Учет возрастных особенностей этого этапа познавательного развития и своевременные развивающие воздействия важны для профилактики трудностей школьной адаптации.

Согласно данным нейроморфологических исследований, в возрасте 5–7 лет происходят существенные прогрессивные изменения нейронной организации коры головного мозга, которые служат биологической основой развития познавательных функций. С 5 лет во многих областях коры головного мозга отмечается начало снижения темпов роста коры в ширину [17]. Одновременно отмечается снижение плотности нейронов, что связано с нарастанием удельного объема волокнистого компонента — отростков нервных клеток, и усложнением конфигурации нейронных сетей [17]. В соматосенсорной и в особенности в лобной коре с 5 лет удельный объем волокон на-

¹ Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 10-06-00693а).

чинает превышать удельный объем нейронов, что происходит, по всей видимости, в том числе за счет интенсивного формирования внутрикортковых горизонтальных связей. Наблюдаются существенные изменения в архитектонике локальных нейронных ансамблей, что связано со специализацией нейронов, усложнением ветвления базальных дендритов, увеличением числа синаптических связей.

Уровень локальной мозговой утилизации глюкозы в 5–6 лет максимален, вдвое превышает уровень метаболизма глюкозы у взрослых и остается таковым в последующие годы (до 9–10 лет) [18]. Повышение потребления глюкозы совпадает по времени со структурными изменениями в нейронных сетях коры: расширением дендритных полей, повышением плотности капилляров, стабилизацией процессов формирования синаптических связей.

Временная динамика морфологического созревания нейронных сетей в процессе постнатального онтогенеза, в том числе изменение плотности синаптических контактов, различается в разных корковых зонах. Так, количество синапсов в зрительной коре достигает максимума к четырем месяцам постнатальной жизни, затем число синапсов начинает снижаться, достигая дефинитивного уровня в дошкольном возрасте. В медиальной префронтальной коре максимальное число синаптических связей отмечается в возрасте около 3–4 лет, и их существенное уменьшение не наблюдается вплоть до подросткового возраста [20].

Электрофизиологические данные свидетельствуют об усилении функционального взаимодействия в нейронных сетях коры в возрастном диапазоне от 4–6 до 8 лет [15]. Причем от четырех до шести лет отмечаются существенные прогрессивные изменения в формировании дистантного взаимодействия между лобными и заднеассоциативными зонами, а также между симметричными отделами правого и левого полушарий [1]. Эти данные согласуются с результатами приведенных выше нейроморфологических исследований, которые указывают на увеличение доли белого вещества (миелинизированных волокон) в структуре корковых нейронных сетей лобной коры в возрасте 5–6 лет.

Морфологические изменения нейронных сетей на макро- и микро-уровнях создают благоприятный фон для формирования более совершенной иерархии нейронных ансамблей, участвующих в генерации ритмической электрической активности мозга. Ритмы мозга, в свою очередь, являются одним из важнейших механизмов объединения различных корковых и глубинных структур в функциональные системы, обеспечивающие реализацию ВПФ. К семи годам в электроэнцефалограмме (ЭЭГ) ребенка уже можно зарегистрировать регулярный альфа-ритм, который доминирует в ЭЭГ покоя взрослого человека и играет важную роль в осуществлении когнитивных функций [15].

В дошкольном возрасте морфофункциональные преобразования касаются не только коры головного мозга, но и глубинных подкорковых структур, а также связей между корой и глубинными структурами. Это

отражается на ЭЭГ в виде определенных билатерально-синхронных паттернов различной локализации и формы [13]. Сравнительный анализ ЭЭГ детей дошкольного и младшего школьного возраста позволил обнаружить, что в возрасте 5–6 лет еще отмечается незрелость регуляторных систем (РС) мозга [13], в частности, фронтоталамической регуляторной системы, которая включает префронтальные отделы коры и медиальные структуры таламуса. Эта регуляторная система обеспечивает селективную настройку мозга на анализ значимых сигналов [11; 12]. К 6–7 годам признаки незрелости фронтоталамической системы у здоровых детей практически исчезают [13], что позволяет говорить о созревании нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих избирательность вовлечения структур мозга в деятельность.

Таким образом, как нейроморфологические, так и электрофизиологические исследования говорят о качественных прогрессивных изменениях в функциональном состоянии коры и регуляторных структур, обеспечивающих процессы интеграции и обработки различных видов информации и произвольную регуляцию познавательной деятельности.

Развитие системных взаимодействий на мозговом уровне приводит к появлению новых когнитивных возможностей. Так, например, в 6–7 лет происходят изменения в процессах зрительного восприятия: рассмотрение нового объекта становится более продолжительным и последовательным, отмечается переход к категориальному восприятию знакомых объектов и повышается эффективность опознания [3]. У детей от 5 к 7 годам при копировании сложных изображений меняется стратегия от хаотичной и пофрагментной к последовательной и целостной, резко уменьшается количество структурно-топологических ошибок [10]. Н. Пуаре (N. Poirel) и соавторы сообщают об изменениях в характере зрительного восприятия, выражающихся в смене предпочтения локальных аспектов изображения у детей 4 лет на характерное для взрослых предпочтение глобальных аспектов к возрасту 9 лет с переходом, наблюдающимся в районе 6 лет [21; 22].

Важные преобразования касаются регуляторных компонентов ВПФ, обеспечивающих избирательную регуляцию, программирование и контроль деятельности. Так, к 5 годам возрастают возможности усвоения алгоритмов по наглядному показу [6], повышается избирательность внимания [19], совершенствуется стратегия деятельности. Если большинство детей младше 6 лет в заданиях на свободную классификацию не выделяют в качестве основания какую-либо из характеристик стимула (например, цвет или форму), то с 6 лет соотношение меняется, и у большинства детей выявляется характерная для взрослых стратегия классификации, основанная на сходстве объектов по одному из признаков [19]. Меняется и характер речевой деятельности, происходит ее грамматическое усложнение [5], что может быть обусловлено прогрессивным формированием связей между корковыми ассоциативными зонами.

Новые возможности познавательной деятельности ребенка 6–7 лет позволяют расширить круг доступных в этом возрасте когнитивных задач. В какой мере систематическое обучение будет «вести за собой» познавательное и социальное развитие ребенка, во многом зависит от того, насколько оно будет опираться на знания о потенциальных возможностях развития различных гетерохронно созревающих когнитивных функций. Задача настоящего исследования состояла в нейропсихологическом анализе возрастных преобразований познавательной деятельности у здоровых детей в период от 5 до 7 лет.

Метод

Исследование проводилось на базе московских дошкольных образовательных учреждений. Дети принимали участие в исследовании добровольно при информированном согласии родителей. Отбор детей в группы осуществлялся на основании сведений об успешности усвоения знаний и навыков и об особенностях поведения детей, полученных от воспитателей и родителей, а также на основании данных анкетирования родителей и воспитателей (анкета СДВГ DSM-IV [4]).

В исследовании приняли участие 15 детей 5–6 лет (средний возраст $5,6 \pm 0,28$ лет, 7 девочек, 8 мальчиков) и 27 детей 6–7 лет (средний возраст $6,5 \pm 0,30$ лет, 17 девочек, 10 мальчиков). Все дети были праворукими, не испытывали трудностей усвоения знаний и навыков, не имели отклонений в поведении и, согласно данным анкетирования, не попадали в категорию детей, имеющих признаки СДВГ.

Нейропсихологическое обследование проводилось по классической схеме А.Р. Лурии, адаптированной для детей 6–9 лет Т.В. Ахутиной и соавторами [14] и модифицированной в целях настоящего исследования. Основные параметры нейропсихологического обследования представлены в таблице. Оценка компонентов познавательной деятельности ребенка в нейропсихологическом обследовании проводилась по результатам выполнения 14 нейропсихологических тестов, а также по результатам наблюдения за поведением и особенностями деятельности ребенка во время обследования. С помощью качественного анализа были выделены 108 параметров, характеризующих выполнение тестов и поведение испытуемых во время обследования (правая колонка табл.).

Оценку компонентов познавательной деятельности ребенка в нейропсихологическом обследовании проводилась по результатам выполнения 14 нейропсихологических тестов, а также по результатам наблюдения за поведением и особенностями деятельности ребенка во время обследования. С помощью качественного анализа были выделены 108 параметров, характеризующих выполнение тестов и поведение испытуемых во время обследования (правая колонка табл.).

Таблица

Параметры нейропсихологического обследования

Компоненты познавательной деятельности	Признаки, отражающие дефицит компонентов познавательной деятельности
<i>Программирование, регуляция и контроль деятельности</i>	
Усвоение алгоритмов действий	Трудности усвоения инструкции в конфликтной пробе; отклонение от намеченной структуры при копировании (копирование сложной фигуры Тэйлора ведущей рукой); трудности усвоения алгоритма в пробе на исследование динамического праксиса; трудности усвоения инструкции в графической пробе; наличие вpletений (воспроизведение по памяти 5 слов).
Создание стратегии деятельности	Трудности создания стратегии (копирование сложной фигуры Тэйлора ведущей рукой); трудности последовательного рассматривания в задании на опознание реалистических изображений; пропуск деталей сюжета, восстановимых с помощью наводящих вопросов (пересказ текста, воспринятого на слух).
Преодоление непосредственных реакций	Импульсивность в поведении; эхо-ответы и опережающие ответы (реакция выбора); опережающее выполнение (исследование динамического праксиса); импульсивное опознание (опознание реалистических изображений).
Своевременное прекращение начавшегося действия и переключение с одного действия на другое	Двигательные персеверации (реакция выбора, графическая проба – выполнение правой и левой руками); повтор элемента в течение одного воспроизведения (воспроизведение по памяти 5 слов).
Переключение с одного способа действия на другой, с программы на программу	Воспроизведение предыдущей упроченной программы вместо новой (реакция выбора); повтор ошибки от воспроизведения к воспроизведению (воспроизведение по памяти 5 фигур и 5 слов).
Устойчивое поддержание усвоенной программы	Наличие ошибок выполнения серийных последовательностей на этапе после успешного усвоения программы (реакция выбора, исследование динамического праксиса, графическая проба (выполнение правой и левой рукой)); подмена усвоенной программы программой опосредования (графическая проба).
Контроль за выполнением собственных действий	Трудности самостоятельного обнаружения и исправления допущенных ошибок (реакция выбора, копирование фигуры Тэйлора, исследование динамического праксиса, графическая проба).
<i>Слухо-речевые функции</i>	
Артикуляция	Трудности правильного произнесения звуков в спонтанной речи, смазанность речи.

Различение на слух близких звуков	Звуковые замены (воспроизведение по памяти 5 слов).
Точность словоупотребления	Семантические замены (называние предметных изображений, воспроизведение по памяти 5 слов, пересказ текста, воспринятого на слух).
Активный словарный запас	Трудности использования низкочастотной лексики (называние предметных изображений, рассказ по серии картинок).
Развитость фразовой речи	Обедненность спонтанной речи выразительными средствами (рассказ по серии картинок).
Грамматическая правильность речи	Аграмматизмы (рассказ по серии картинок, пересказ текста, воспринятого на слух).
<i>Зрительное восприятие</i>	
Продуктивность узнавания предметных изображений	Снижение продуктивности узнавания (узнавание реалистических перечеркнутых, наложенных изображений).
Целостность зрительного восприятия	Фрагментарность изображения (копирование сложной фигуры Тэйлора, воспроизведение по памяти ряда фигур); восприятие фрагментов одного изображения как разных изображений (узнавание изображений с недостающими деталями).
Восприятие топических отношений	Ошибки расположения деталей относительно целого (копирование сложной фигуры Тэйлора, воспроизведение по памяти ряда фигур).
Восприятие метрических отношений	Трудности соблюдения линейных пропорций (копирование сложной фигуры Тэйлора); трудности соблюдения угловых пропорций (копирование сложной фигуры Тэйлора).
Точность воспроизведения зрительно-пространственного материала	Искажения и зрительно-моторные замены (воспроизведение по памяти 5 фигур).
<i>Пространственные представления</i>	
Представления о пространстве тела	Трудности определения правой и левой руки у себя.
Представления о двумерной системе координат	Несоответствие системы координат деталей и целого (копирование сложной фигуры Тэйлора); инвертированное воспроизведение (исследование динамического праксиса, воспроизведение по памяти ряда фигур).
<i>Память</i>	
Непосредственное запоминание зрительно-пространственного материала	Низкий объем первого воспроизведения, низкая эффективность заучивания, нестабильность удержания материала в процессе повторных воспроизведений, забывание после интерференции (воспроизведение по памяти 5 фигур).
Непосредственное запоминание слухоречевого материала	Низкий объем первого воспроизведения, низкая эффективность заучивания, нестабильность удержания материала в процессе повторных воспроизведений, забывание после интерференции (воспроизведение по памяти 5 слов).
Извлечение речевого материала из памяти	Трудности припоминания слов-наименований при назывании предметных изображений.
Опосредованное (смысловое) запоминание слухоречевого материала	Пропуск деталей сюжета, не восстанавливаемый с помощью наводящих вопросов (пересказ текста).
<i>Эмоционально-мотивационная регуляция деятельности</i>	
Социальные компетентность	Неадекватная трактовка мотивов поведения героев сюжета (рассказ по серии картинок, пересказ текста), неспособность высказать гипотезу о правильном способе поведения героя в той или иной ситуации.
Особенности эмоционального реагирования	Наличие проявлений тревожности, плаксивости, раздражительности, агрессивности, дурашливости, ажитации, демонстративности в поведении, попытки отказа от выполнения заданий, снижение дистанции в отношениях или неконтактность (наблюдение за поведением в процессе обследования).
<i>Функциональное состояние</i>	
Работоспособность	Неспособность к стабильной, продолжительной работе в задаваемом извне режиме (наблюдение за поведением в процессе обследования).
Утомляемость	Зевота, жалобы на усталость, появление и усиление неусидчивости, эмоциональных нарушений, снижение эффективности деятельности к концу исследования (наблюдение за поведением в процессе обследования).
Неусидчивость	Трудности сохранения стабильной позы в течение обследования, повышенная двигательная активность (наблюдение за поведением в процессе обследования).
Темп деятельности	Скорость копирования сложной фигуры Тэйлора правой рукой, выполнение графической пробы правой рукой

Для оценки межгрупповых различий использовались непараметрические критерии: критерий χ^2 — при сравнении частоты представленности признака (наличие/отсутствие трудностей), критерий Манна—Уитни U для независимых выборок при сравнении нейропсихологических показателей, которые не могли быть оценены по двухбалльной системе (например, количество эхо-ответов в пробе «Реакция выбора» или время копирования фигуры Тэйлора) и коэффициент корреляции Пирсона r для выявления степени связанности отдельных параметров нейропсихологического исследования.

Результаты и их обсуждение

При сопоставлении различных компонентов познавательной деятельности у детей 5–6 и 6–7 лет сравнивались нейропсихологические показатели, характеризующие этот компонент деятельности при выполнении отдельных заданий, перечисленных в правой части таблицы. Анализ результатов нейропсихологического исследования показал, что при переходе от 5–6 к 6–7 годам происходит улучшение возможностей произвольной регуляции деятельности (ПРД). Наиболее выраженные положительные возрастные изменения выявлены при оценке способности усвоения инструкций и алгоритмов действий. На рис. 1 представлена частота встречаемости трудностей усвоения инструкций и алгоритмов действий при выполнении детьми 5–6 и 6–7 лет различных проб нейропсихологического обследования. Суждение о наличии трудностей выносилось в том случае, если ребенок не мог с первого раза усвоить инструкцию к заданию или алгоритм его выполнения.

Менее выраженная положительная динамика наблюдалась в отношении других компонентов управляющих функций, таких как возможности переключе-

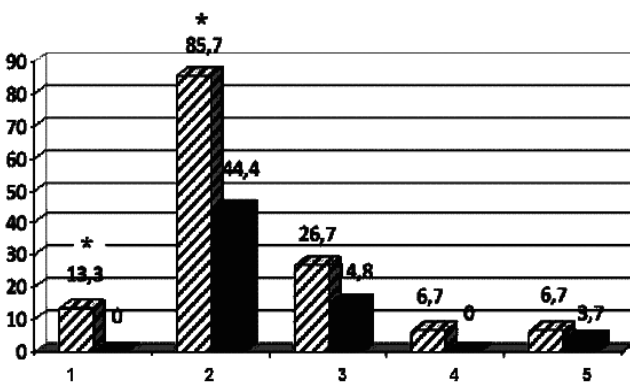


Рис. 1. Частота встречаемости (в %) трудностей усвоения инструкций и алгоритмов деятельности при выполнении различных проб нейропсихологического обследования в группах детей 5–6 (заштрихованные столбики) и 6–7 (черные столбики) лет:

1, 2 — копирование фигуры Тэйлора; 3 — тесты динамического праксиса; 4 — графическая проба; 5 — наличие ошибок припоминания по типу вpletений в пробе на запоминание группы слов; * — значимые возрастные различия, $p < 0,05$

чения с одного элемента программы на другой и с программы на программу, устойчивость усвоенной программы и самоконтроль. Изменения не были выявлены в отношении возможностей выработки стратегии деятельности и преодоления непосредственных реакций. Можно предположить, что совершенствование отдельных компонентов ПРД у детей 6–7 лет связано с созреванием мозговых систем, обеспечивающих «управляющие» влияния лобной коры на другие структуры мозга, в частности с морфофункциональным созреванием фронтоталамической регуляторной системы при переходе от 5–6 к 6–7 годам [13].

Другим важнейшим компонентом познавательной деятельности, который существенно изменялся при переходе от 5–6 к 6–7 годам, было зрительное восприятие. Детям 5–6 лет труднее, чем 6–7-летним, давались задания, требующие анализа и обработки зрительной и зрительно-пространственной информации. Так, дети 6–7 лет лучше соблюдали целостность при копировании сложной фигуры ($U = 109,000$, $p = 0,046$), эффективнее опознавали изображения с недостающими деталями ($U = 111,500$, $p = 0,016$). При копировании дети 6–7 лет допускали меньше ошибок неправильного расположения деталей относительно целого ($\chi^2 = 3,112$, $p = 0,078$) и элементов изображения друг по отношению к другу ($\chi^2 = 6,800$, $p = 0,009$), лучше воспроизводили пропорции фигуры ($\chi^2 = 3,563$, $p = 0,059$) и осуществляли копирование быстрее, чем пятилетние ($U = 135,000$, $p = 0,076$). При воспроизведении зрительно-пространственного материала по памяти дети 5–6 лет допускали больше искажений, достаточно далеких по форме от фигур образца ($U = 154,000$, $p = 0,024$), в то время как шестилетние чаще вместо нужной фигуры воспроизводили более знакомые им изображения и символы, близкие по форме к образцу ($U = 142,500$, $p = 0,022$). Последнее может свидетельствовать о повышении опосредованности процесса запоминания от 5–6 к 6–7 годам.

Полученные результаты согласуются с данными исследования М.М. Безруких и Н.Н. Тереховой [2], в котором при анализе различных аспектов зрительного восприятия (зрительно-моторная координация, помехоустойчивость, константность, пространственные представления, зрительно-пространственный анализ и синтез) у детей 5, 6 и 7 лет был обнаружен значимый рост эффективности всех исследованных компонентов от 5 к 6 годам. Об относительной незрелости механизмов целостного восприятия зрительных объектов у детей 5–6 лет говорят также данные об отсутствии у них свойственного взрослым и детям более старшего возраста предпочтения глобальных признаков при распознавании сложносоставных стимулов [7].

У детей исследованной выборки к 6–7 годам наблюдались прогрессивные изменения речевой деятельности. Эти изменения касались преимущественно лексических и семантических аспектов речи (рис. 2): существенно улучшалась точность слово-

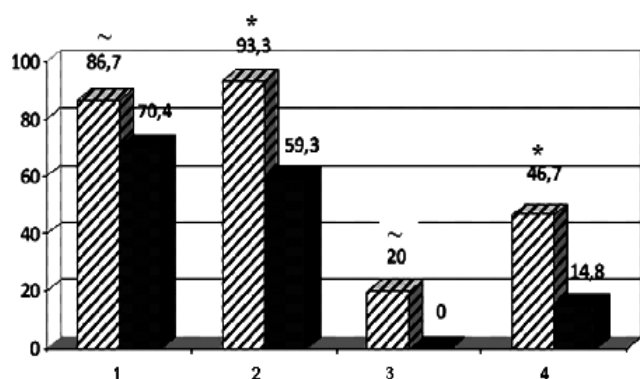


Рис. 2. Частота встречаемости (в %) трудностей точного словоупотребления (семантических замен) при выполнении различных проб нейропсихологического обследования в группах детей 5–6 (заштрихованные столбики) и 6–7 (черные столбики) лет:

1 – называние реалистических предметных изображений; 2 – называние перечеркнутых изображений; 3 – воспроизведение по памяти группы не связанных по смыслу слов; 4 – пересказ рассказа; * – значимые возрастные различия, $p < 0,05$; ~ – различия на уровне тенденции, $p < 0,1$

употребления и снижалась представленность трудностей актуализации слов-наименований при назывании ($\chi^2 = 4,202$, $p = 0,040$).

Представленные выше результаты сравнения нейропсихологических показателей когнитивной деятельности у детей 5–6 и 6–7 лет свидетельствуют о совпадении во времени возрастных изменений некоторых компонентов управляющих функций, зрительного восприятия и речи и позволяют предположить, что существует взаимосвязь в развитии этих процессов на данном этапе онтогенеза. Рассмотрим с этой точки зрения известные психологические исследования детей дошкольного возраста. Согласно данным А.В. Запорожца [6], именно к 6–7 годам процесс зрительного восприятия становится более организованным. В этом возрасте опознание новых зрительных объектов в большей степени, чем в 5–6 лет, опирается на движения глаз, прослеживающие контур фигуры. Это позволяет ребенку не только правильно опознавать изображение, но и решать более сложные зрительные задачи, связанные с правильным воспроизведением воспринятой формы. При этом если перед ребенком 6–7 лет стоит задача распознавания знакомого объекта, траектория движений глаз приобретает более свернутый вид. Ребенку достаточно пройти лишь небольшой участок контура, чтобы узнать фигуру, и подобие между траекторией движений глаз и контуром постепенно уменьшается, тогда как в 5–6 лет оно еще достаточно выражено. После 5–6 лет опознание осуществляется на основании опорных признаков [6]. Возможно, именно этим и объясняется более высокая эффективность опознания детьми 6–7 лет изображений с недостающими деталями, полученная в данном исследовании.

Повышение точности словоупотребления от 5–6 к 6–7 годам отражает развитие предметной отнесен-

ности слова. А.Р. Лурия [9] отмечал, что предметная отнесенность слова становится достаточно устойчивой уже к 3,5–4 годам. Можно согласиться с этим, если речь идет о словах, обозначающих далекие как по внешнему виду, так и по смыслу объекты (например, «кошка» и «мяч»). Когда мы рассматриваем слова, обозначающие более близкие объекты, такие как «куртка» и «шуба» или же «холод» и «мороз», мы вправе ожидать более длительного развития в онтогенезе предметной отнесенности этих слов. Смысловое различие близких по сути объектов требует как более совершенных процессов выделения значимых признаков, так и более богатого речевого опыта. Обогащение словарного запаса, индивидуальности «видеотеки» предметных образов, а также возможностей взаимодействия между ними развивает номинативную функцию речи.

Для исследования возможной взаимосвязи тех регуляторных и информационных компонентов деятельности, которые демонстрировали наиболее выраженные возрастные изменения в данном исследовании, был проведен корреляционный анализ их нейропсихологических показателей у детей 5–7 лет (без деления на возрастные группы).

Значимые отрицательные корреляции были обнаружены между показателями точности воспроизведения по памяти зрительно-пространственного материала и количеством семантических замен при опознании реалистических предметных изображений ($r = -0,367$, $p = 0,017$). Количество существенных искажений зрительно-пространственного материала (делающих фигуру трудноузнаваемой) при выполнении тестов на воспроизведение ряда фигур по памяти оказалось взаимосвязанным с количеством семантических замен при назывании перечеркнутых изображений (вместо «балалайка» – «гармошка», при условии правильной демонстрации игры на данном инструменте) ($r = 0,356$, $p = 0,021$), а также с количеством семантических замен при воспроизведении по памяти группы не связанных по смыслу слов ($r = 0,462$, $p = 0,002$). Было обнаружено наличие положительных корреляций между возможностями усвоения инструкции в конфликтной пробе и различными показателями развития лексико-семантических аспектов речи: точностью словоупотребления при воспроизведении по памяти группы не связанных по смыслу слов ($r = 0,915$, $p < 0,001$), пересказе рассказа ($r = 0,375$, $p = 0,014$), назывании реалистических предметных изображений ($r = 0,436$, $p = 0,004$), а также возможностями актуализации слов при назывании ($r = 0,474$, $p = 0,002$). Положительные корреляции были обнаружены также между показателем усвоения двигательной программы по образцу (исследование динамического праксиса) и показателями точности словоупотребления при воспроизведении по памяти группы слов ($r = 0,351$, $p = 0,023$), пересказе рассказа ($r = 0,419$, $p = 0,006$) и назывании реалистических предметных изображений ($r = 0,550$, $p < 0,001$). Показатели усвоения инструкции в конфликтной пробе положительно коррелировали с показателями извлечения вербальной информации из долговременной памяти при называ-

нии предметных изображений ($r = 0,474, p = 0,002$), а последние, в свою очередь, с показателями точности словоупотребления в пробах на воспроизведение групп слов ($r = 0,497, p = 0,001$), при пересказе рассказа ($r = 0,374, p = 0,016$) и назывании реалистических предметных изображений ($r = 0,336, p = 0,032$).

Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что у детей без когнитивных и/или поведенческих трудностей при переходе от 5–6 к 6–7 годам происходят существенные изменения познавательной сферы, которые касаются как произвольной регуляции деятельности, так и процессов обработки вербальной и зрительно-пространственной информации. Вместе с тем необходимо отметить, что эти прогрессивные изменения затрагивают не все исследованные показатели познавательного развития, что говорит о гетерохронном созревании различных составляющих когнитивной деятельности на данном этапе онтогенеза. К 6–7 годам у детей наиболее заметно улучшаются возможности усвоения инструкций и алгоритмов действий, показатели целостности и точности зрительного восприятия и совершенствуются лексико-семантические аспекты речи. Наличие положительных корреляций между этими прогрессивными изменениями позволяет предположить существование общих нейрофизиологических факторов, определяющих их развитие. Одним из таких факторов может быть созревание нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих нисходящие модулирующие влияния лобной коры на модально-специфические корковые зоны. В пользу такого предположения свидетельствуют электроэнцефалографические данные о формировании в дошкольном возрасте дистантных функциональных связей между лобными и заднеассоциативными зрительными зонами коры больших полушарий в состоянии спокойной бодрствования [1]. Анализ электрической активности мозга у детей дошкольного и младшего школьного возраста во время когнитивной деятельности [16] позволил обнаружить, что в период между 5–6 и 7–

8 годами наблюдается возрастание роли механизмов управляющего контроля в процессах обработки зрительной информации при распознавании предметных изображений. Вероятно, именно с этим связаны новые возможности обобщенного, категориального восприятия зрительных объектов, основанного на выделении их существенных признаков. В свою очередь, это способствует повышению точности словоупотребления через развитие значения слова, которое определяется как функция «выделения отдельных признаков в предмете, обобщения их и введения предмета в известную систему категорий» [9, с. 51].

Выводы

1. При переходе от 5–6 к 6–7 годам происходит улучшение возможностей произвольной регуляции деятельности. Наиболее выраженные изменения касаются усвоения инструкций и алгоритмов действий.
2. К 6–7 годам существенным образом изменяется зрительное восприятие: улучшаются возможности синтеза целостного образа, восприятия структурно-топологических отношений и пропорций, повышается эффективность зрительного запоминания.
3. В речевой сфере наблюдаются прогрессивные изменения преимущественно лексических и семантических аспектов речи. К 6–7 годам повышаются точность словоупотребления и возможности актуализации слов-наименований.
4. Выявленные возрастные изменения отдельных компонентов произвольной регуляции деятельности, зрительного восприятия и речевых функций взаимосвязаны.
5. По другим компонентам когнитивной деятельности значимых возрастных изменений при переходе от 5–6 к 6–7 годам обнаружено не было, что говорит о гетерохронном созревании различных составляющих когнитивной деятельности на данном этапе онтогенеза.

Литература

1. Алферова В.В. Отражение возрастных особенностей функциональной организации мозга в электроэнцефалограмме покоя // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / Д.А. Фарбер, Л.К. Семенова, В.В. Алферова и др. Л., 1990.
2. Безруких М.М., Теребова Н.Н. Зрительное восприятие как интегративная характеристика познавательного развития детей 5–7 лет // Альманах «Новые исследования». 2008. № 1.
3. Бетелева Т.Г. Системная организация процесса восприятия // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. М., 2009.
4. Дети с СДВГ: причины, диагностика, комплексная помощь: Учеб. пособие / Под ред. М.М. Безруких. М., 2009.
5. Дубровинская Н.В. Развитие речи и организация вербальной деятельности // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. М., 2009.
6. Запорожец А.В. Избранные психологические труды: В 2 т. Т. I. Психическое развитие ребенка. М., 1986.
7. Крупская Е.В., Мачинская Р.И. Возрастные изменения параметров распознавания иерархических стимулов в условиях направленного внимания у детей от 5 до 10 лет // ЖВНД. 2010. Т. 60. № 6.
8. Лебединский В.В. Нарушения психического развития у детей. М., 1985.
9. Лурия А.Р. Язык и сознание / Под ред. Е.Д. Хомской. М., 1979.
10. Манелис Н.Г. Развитие оптико-пространственных функций в онтогенезе // Школа здоровья. 1997. № 3.
11. Мачинская Р.И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания (аналитический обзор) // ЖВНД. 2003. Т. 53. № 2.

12. *Мачинская Р.И.* Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста // Физиология человека. 2006. Т. 32. № 1.

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

14. Нейропсихологическая диагностика, обследование письма и чтения младших школьников / Под ред. Т.В. Ахутиной, О.Б. Иншаковой. М., 2008.

15. *Фарбер Д.А., Мачинская Р.И.* Функциональная организация мозга в онтогенезе и ее отражение в электроэнцефалограмме покоя // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. М., 2009.

16. *Фарбер Д.А., Петренко Н.Е.* Нейрофизиологические механизмы опознавания фрагментарных изображений в 5–6-летнем возрасте // Физиология человека. 2011. Т. 37. № 6.

17. *Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Шумейко Н.С., Черных Н.А.* Структурные преобразования коры большого

мозга и мозжечка человека в постнатальном онтогенезе // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. М., 2009.

18. *Chugani H.T.* A Critical Period of Brain Development: Studies of Cerebral Glucose Utilization with PET // Preventive medicine. 1998. Vol. 27.

19. *Hanania R., Smith L.B.* Selective Attention and Attention Switching: Toward a Unified Developmental Approach // Dev. Sci. 2010. Vol. 13. № 4.

20. *Huttenlocher P.R.* Synaptic Density in Human Frontal Cortex – Developmental Changes and Effects of Aging // Brain Res. 1979. Vol. 163.

21. *Poirel N., Mellet E., Houde' O., Pineau A.* First Came the Trees, Then the Forest: Developmental Changes During Childhood in the Processing of Visual Local-Global Patterns According to the Meaningfulness of the Stimuli. *Developmental Psychology*. 2008. Vol. 44.

22. *Poirel N., Simon G., Cassotti M., Leroux G., Percey G., et al.* The Shift from Local to Global Visual Processing in 6-Year-Old Children is Associated with Grey Matter Loss // PLoS ONE. June 2011. Vol. 6. № 6.

Age-Related Transformations of Cognitive Functions in Children Aged 5–7 Years: A Neuropsychological Analysis¹

O.A. Semyonova

PhD in Psychology, leading researcher at the Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education

R.I. Machinskaya

PhD in Biology, head of laboratory at the Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education

The aim of this study was to reveal age-related transformations in the cognitive functions of children during the period from 5 to 7 years. The study enrolled 15 children aged 5–6 and 27 children aged 6–7 years with normal status. All children underwent full neuropsychological examination according to the classical Luria scheme adapted for children aged 6–9 by Akhutina et al. and modified for the purposes of this current research. The data obtained in the study shows that in the transitional period between 5–6 and 6–7 years there are significant changes in the cognitive sphere of children without cognitive and/or behavioural difficulties which affect both voluntary activity regulation and verbal and visual-spatial information processing. Besides, there are certain improvements in children's understanding of instructions and activity algorithms. Their ability to synthesize holistic images and perceiving structural-topological relations and proportions increases as well, and so does the efficiency of visual memorizing. Progressive changes appear in speech as well, mostly in its lexical and semantic aspects. The authors show that all these age-related changes in the separate components of voluntary activity regulation, visual perception and speech functions are interrelated. As for other cognitive activity components, significant changes in between 5–6 and 6–7 years were not found, which indicates that there is a heterochronicity in the development of various cognitive activity elements at this stage of ontogenesis. The interrelation between the progressive changes of cognitive functions may be caused by the presence of some mutual factors affecting their development.

Keywords: children of 5–7 years, age-related transformations of cognitive functions, neuropsychology.

¹ The research was conducted with the assistance of the Russian Foundation for Humanities (grant № 10-06-00693a).

References

1. *Alferova V.V.* Otrazhenie vozrastnykh osobennosti funktsional'noi organizatsii mozga v elektroencefalogramme pokoya // Strukturno-funktsional'naya organizatsiya razvivayushegosya mozga / D.A. Farber, L.K. Semenova, V.V. Alferova i dr. L., 1990.
2. *Bezrukih M.M., Terebova N.N.* Zritel'noe vospriyatie kak integrativnaya karakteristika poznavatel'nogo razvitiya detei 5–7 let // Al'manah "Novye issledovaniya". 2008. № 1.
3. *Beteleva T.G.* Sistemnaya organizatsiya processa vospriyatiya // Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noi deyatel'nosti rebenka / Pod red. D.A. Farber, M.M. Bezrukih. M., 2009.
4. *Deti s SDVG: prichiny, diagnostika, kompleksnaya pomosh': Ucheb. posobie / Pod red. M.M. Bezrukih. M., 2009.*
5. *Dubrovinskaya N.V.* Razvitie rechi i organizatsiya verbal'noi deyatel'nosti // Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noi deyatel'nosti rebenka / Pod red. D.A. Farber, M.M. Bezrukih. M., 2009.
6. *Zaporozhec A.V.* Izbrannyye psikhologicheskie trudy: V 2 t. T. I. Psikhicheskoe razvitie rebenka. M., 1986.
7. *Krupskaya E.V., Machinskaya R.I.* Vozrastnye izmeneniya parametrov raspoznavaniya ierarhicheskikh stimulov v usloviyakh napravlennoy vnimaniya u detei ot 5 do 10 let // ZhVND. 2010. T. 60. № 6.
8. *Lebedinskii V.V.* Narusheniya psikhicheskogo razvitiya u detei. M., 1985.
9. *Luriya A.R.* Yazyk i soznanie / Pod red. E.D. Homskoi. M., 1979.
10. *Manelis N.G.* Razvitie optiko-prostranstvennykh funktsii v ontogeneze // Shkola zdorov'ya. 1997. № 3.
11. *Machinskaya R.I.* Neirofiziologicheskie mekhanizmy proizvol'nogo vnimaniya (analiticheskii obzor) // ZhVND. 2003. T. 53. № 2.
12. *Machinskaya R.I.* Funktsional'noe sozrevanie mozga i formirovanie neirofiziologicheskikh mekhanizmov izbiratel'nogo proizvol'nogo vnimaniya u detei mladshego shkol'nogo vozrasta // Fiziologiya cheloveka. 2006. T. 32. № 1.
13. *Machinskaya R.I., Lukashevich I.P., Fishman M.N.* Dinamika elektricheskoi aktivnosti mozga u detei 5–8-letnego vozrasta v norme i pri trudnostyakh obucheniya // Fiziologiya cheloveka. 1997. T. 23. № 5.
14. *Neiropsikhologicheskaya diagnostika, obsledovanie pis'ma i chteniya mladshih shkol'nikov / Pod red. T.V. Ahutinoi, O.B. Inshakovoi. M., 2008.*
15. *Farber D.A., Machinskaya R.I.* Funktsional'naya organizatsiya mozga v ontogeneze i ee otrazhenie v elektroencefalogramme pokoya // Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noi deyatel'nosti rebenka / Pod red. D.A. Farber, M.M. Bezrukih. M., 2009.
16. *Farber D.A., Petrenko N.E.* Neirofiziologicheskie mekhanizmy opoznaniya fragmentarnykh izobrazhenii v 5–6-letnem vozraste // Fiziologiya cheloveka. 2011. T. 37. № 6.
17. *Cehmistrenko T.A., Vasil'eva V.A., Shumeiko N.S., Chernyh N.A.* Strukturnye preobrazovaniya kory bol'shogo mozga i mozhhechka cheloveka v postnatal'nom ontogeneze // Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noi deyatel'nosti rebenka / Pod red. D.A. Farber, M.M. Bezrukih. M., 2009.
18. *Chugani H.T.* A Critical Period of Brain Development: Studies of Cerebral Glucose Utilization with PET // Preventive medicine. 1998. Vol. 27.
19. *Hanania R., Smith L.B.* Selective Attention and Attention Switching: Toward a Unified Developmental Approach // Dev. Sci. 2010. Vol. 13. № 4.
20. *Huttenlocher P.R.* Synaptic Density in Human Frontal Cortex – Developmental Changes and Effects of Aging // Brain Res. 1979. Vol. 163.
21. *Poirel N., Mellet E., Houde' O., Pineau A.* First Came the Trees, Then the Forest: Developmental Changes During Childhood in the Processing of Visual Local-Global Patterns According to the Meaningfulness of the Stimuli. Developmental Psychology. 2008. Vol. 44.
22. *Poirel N., Simon G., Cassotti M., Leroux G., Percey G., et al.* The Shift from Local to Global Visual Processing in 6-Year-Old Children is Associated with Grey Matter Loss // PLoS ONE. June 2011. Vol. 6. № 6.