

# Возрастные изменения произвольной регуляции деятельности в старшем дошкольном и младшем школьном возрасте\*

**О.А. Семенова**

кандидат психологических наук, старший научный сотрудник Института возрастной физиологии РАО

**Д.А. Кошельков**

старший лаборант Института возрастной физиологии РАО

**Р.И. Мачинская**

доктор биологических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией  
Института возрастной физиологии РАО

Цель работы состояла в изучении возрастных особенностей произвольной регуляции деятельности у детей на этапе перехода к систематическому обучению. В исследовании приняли участие здоровые дети без трудностей обучения и отклонений в поведении в возрасте 6–7, 7–8 и 9–10 лет. По результатам нейропсихологического обследования на основе специально разработанной методики оценивалось состояние различных компонентов функций программирования, регуляции и контроля деятельности (управляющих функций). Показано, что в старшем дошкольном и младшем школьном возрастах происходят прогрессивные изменения в формировании управляющих функций. Значимое улучшение возможностей торможения непосредственных реакций, удержания усвоенной программы деятельности, опосредования собственных действий и принятия помощи взрослого отмечается в 7–8 лет. Прогрессивные изменения в усвоении программ и выработке стратегии деятельности происходят преимущественно к 9–10 годам. Таким образом, данные проведенного исследования свидетельствуют о гетерохронии формирования различных компонентов управляющих функций у детей в возрасте от 6 до 10 лет.

**Ключевые слова:** дошкольный и младший школьный возрасты, произвольная регуляция деятельности, управляющие функции, возрастная динамика, гетерохрония развития, нейропсихология.

Старший дошкольный и младший школьный возрасты являются критическим периодом для развития произвольной регуляции деятельности. Так называемый кризис 7 лет, составляющий ядро этого этапа развития, по словам Л.С. Выготского, является возрастом утраты непосредственности, возрастом, когда происходит «привнесение в наши поступки интеллектуального момента, который вклинивается между переживанием и непосредственным поступком» [4, с. 377]. Таким образом, ребенок становится все более способным к произвольной, опосредованной организации собственных действий.

Функции произвольной регуляции деятельности или управляющие функции (executive functions) играют исключительно важную роль в успешной адаптации ребенка к условиям, которые предъявляет ему социум. Многие исследователи обнаруживают связь этих функций с успешностью обучения в младшем

школьном возрасте [16, 17, 38, 40, 44], в том числе результаты наших собственных исследований демонстрируют значимую связь сформированности функций произвольной регуляции деятельности с успешностью обучения детей 7–8 и 9–10 лет [14, 20, 21].

Дефицит управляющих функций не только сказывается на возможности усвоения ребенком знаний, но и обуславливает ряд нарушений поведения, таких как, например, синдром дефицита внимания с гиперактивностью [28, 46].

Понятие «управляющие функции» является составным и объединяет ряд явлений, которые обеспечивают произвольную, осознанную регуляцию поведения и деятельности. Эти функции тесно связаны с целеполаганием, реализацией направленной на цель активности [26]. Кроме того, они облегчают те формы поведения, которые ориентированы на будущее. Это происходит посредством планирования, использова-

\* Работа поддержана Российским гуманитарным научным фондом (грант № 07-06-00374а).

ния подвижной стратегии, контроля импульсов и организованного поиска [45]. Процессы произвольной регуляции реализуются мозговыми функциональными системами, включающими в себя корковые отделы лобных долей [8] и подкорковые звенья, в частности медиодорзальное ядро таламуса [36].

Как и любая функциональная система, произвольная регуляция деятельности проходит в своем развитии критические периоды, в результате которых возникают качественные изменения в ее структуре.

Первый критический период наблюдается около 8 месяцев жизни ребенка. Для него характерны как существенные морфологические изменения в коре лобных долей, так и новообразования со стороны психики. В этом возрасте отмечается существенное увеличение скорости метаболизма [31], рост дендритных полей [43], возрастание плотности капиллярной сети [35] и увеличение количества синапсов [37] во фронтальной коре человека. В поведении детей этого возраста наблюдаются изменения в мотивационной сфере, появление «деловой» потребности и смена ведущей деятельности на предметно-манипулятивную [15]. Важным приобретением этого периода оказывается появление эндогенных, связанных с внутренними побуждениями форм внимания и первых отсроченных реакций [22]. С этим возрастом также связывают начальный этап развития понимания обращенной речи [11] и появление возможности речевого управления действиями ребенка [25].

Благодаря возникновению этих новообразований в последующий период бурно развивается такой компонент управляющих функций, как способность сопротивляться отвлечению через подавление непосредственных реакций, преодоление зависимости от ярких характеристик внешней среды [32, 33].

Второй критический период в развитии управляющих функций отмечается между вторым и третьим годом жизни. На морфологическом уровне в этот период происходят существенные преобразования возможностей взаимодействия лобной коры с другими корковыми и подкорковыми мозговыми регионами [18], также происходит резкое возрастание скорости мозгового метаболизма во фронтальной коре [31]. Анализ вызванной электрической активности мозга [24] у детей 3 лет свидетельствует о вовлечении лобных зон коры в функциональные системы зрительного восприятия. Вместе с тем сходство конфигурации и временных параметров зрительных вызванных потенциалов в этих зонах с электрическими ответами других ассоциативных зон свидетельствует о несформированности специфических функций лобных долей в этом возрасте. В период от 2 до 3 лет отмечается существенный прогресс в развитии способности ребенка руководствоваться правилами, заданными в инструкции (усваивать программы деятельности) [9, 25]. Одновременно продолжает улучшаться способность сопротивляться отвлечению [42]. Вместе с тем действия ребенка оказываются в значительной мере подверженными влиянию инертного стереотипа [10]. Пластичное переключение с одного способа действия на другой становится возможным только к 4–4,5 годам жизни, но еще долго не достигает совершенства.

Наиболее значимые качественные преобразования управляющих функций происходят в старшем дошкольном и младшем школьном возрастах. В это время отмечается высокий темп роста ассоциативных слоев, увеличение объема нейронов, компактности нейронных группировок, активное формирование базальных дендритных комплексов в различных полях коры лобной доли [18]. По-видимому, в этот период происходит активное формирование связей между фронтальной корой и глубинными мозговыми структурами. Данные электроэнцефалографических исследований демонстрируют существенные изменения биоэлектрической активности мозга в возрасте с 5 до 8 лет, свидетельствующие о функциональном созревании фронто-таламической регуляторной системы, обеспечивающей нисходящие влияния от лобной коры на другие корковые зоны и подкорковые структуры [13].

Созревание мозговых систем сопровождается изменениями в структуре деятельности. По данным О.К. Тихомирова [23], в возрасте 5 лет происходит кардинальный сдвиг в развитии избирательной речевой саморегуляции. На этом этапе онтогенеза основное регулирующее влияние начинает переходить к внутренней речи ребенка. В 3–4 года у ребенка отмечаются возможности речевой регуляции двигательных реакций, но слово действует не избирательно, а импульсно, в качестве дополнительного стимула. К концу дошкольного периода ребенок становится способным использовать знак как средство внешнего опосредования своих действий [5]. К 6 годам, согласно данным М. Вэлша [46], у ребенка окончательно созревает способность сопротивляться отвлечению. Однако на этом возрастном этапе функции программирования, регуляции и контроля деятельности и речь не являются еще достаточно зрелыми, чтобы обеспечивать высокую подвижность (переключаемость) мышления и различные аспекты мыслительной деятельности, связанные с формированием абстрактных понятий [29].

В 7–8 лет продолжается специализация связей фронтальной коры с другими структурами мозга, о чем, в частности, свидетельствуют данные о снижении числа синапсов в префронтальной коре [37]. В этот возрастной период происходят перестройки, отражающие возрастание специализации лобных областей и усиление их роли в реализации психических функций [24]. К 9 годам отмечается усложнение системы связей и строения ассоциативных слоев коры, существенное увеличение размера нейронов III<sup>3</sup> подслоя, после чего наступает стабилизация. В 9 лет заканчиваются процессы миелинизации в лобной коре и происходит резкое замедление роста коры в ширину в полях 45 и 10 [18]. В этот же возрастной период начинается снижение скорости мозгового метаболизма глюкозы [30], которая к 16–18 годам постепенно достигает взрослого уровня.

В работах, посвященных исследованию формирования психических функций в онтогенезе, отмечается, что если с 5 до 8 лет происходят наиболее интенсивные изменения в когнитивной сфере, то к 9 годам в основном наступает стабилизация [39]. Вместе с тем, по данным психофизиологических исследований, в 9–10 лет возрастает роль фронтальных зон коры в произвольной деятельности [7, 2, 3]. В сфере

произвольной организации деятельности такие ее компоненты, как организованный поиск, способность к проверке гипотез и контроль импульсов, к 10 годам достигают взрослого уровня, в то время как навыки планирования и к 12 годам остаются до конца не сформированными [45]. На этапе от 7–8 до 10–11 лет происходит бурное развитие внешнеопосредованных форм психической деятельности [5, 8].

В связи с ролью социальных факторов в развитии высших психических функций представляет интерес изучение возрастных особенностей произвольной организации деятельности на этапе перехода к систематическому обучению. Цель настоящей работы состояла в изучении особенностей компонентной структуры и возрастной динамики формирования произвольной регуляции деятельности у детей 6–7, 7–8 и 9–10 лет в норме.

**Методика.** В исследовании приняли участие 56 детей в возрасте от 6 до 10 лет, которые на момент исследования обучались в подготовительных группах (дети 6–7 лет) и начальных классах (дети 7–8 и 9–10 лет) общеобразовательных учреждений г. Москвы. Из них 22 ребенка 6–7 лет (средний возраст 6 лет 4 мес.  $\pm$  3 мес., 7 мальчиков, 15 девочек), 22 ребенка 7–8 лет (средний возраст 8 лет 2 мес.  $\pm$  6 мес., 7 мальчиков, 15 девочек), 14 детей 9–10 лет (средний возраст 9 лет 10 мес.  $\pm$  6 мес., 5 мальчиков, 9 девочек). Все дети не испытывали трудностей при обучении, не имели нарушений поведения и отклонений в функциональном состоянии мозга по данным проведенного в рамках настоящей работы ЭЭГ-исследования. Исследование проводилось с согласия родителей и самих детей.

Полное нейропсихологическое обследование проводилось по методу А.Р. Лурии, адаптированному для исследования детей 6–9 лет сотрудниками лаборатории нейропсихологии МГУ [1] и модифицированному в целях настоящего исследования. Анализ состояния произвольной регуляции деятельности (управляющих функций) осуществлялся по разработанной нами схеме [19, 21].

Анализировались восемь компонентов управляющих функций, разделенных на три основные группы.

**I. Компоненты, связанные с программированием произвольных действий:** 1 — Возможность усвоения заданной программы деятельности; 2 — Возможность выработки собственной стратегии деятельности.

**II. Компоненты, связанные с избирательной регуляцией произвольных действий:** 3 — возможность избирательного реагирования на существенные для решения задачи стимулы за счет торможения непосредственных реакций; 4 — возможность переключения с одного элемента программы на другой; 5 — возможность переключения с программы на программу; 6 — возможность устойчивого следования усвоенной серийной программе; 7 — возможность опосредования собственных действий.

**III. Компоненты, связанные с контролем за осуществлением произвольных действий:** 8 — Возможность контроля за протеканием собственной деятельности. В табл. 1 представлены пробы нейропсихологического обследования, использовавшиеся для оценки произвольной регуляции деятельности, те компоненты, которые с их помощью могли быть исследованы, и критерии балльной оценки, принятой в данной работе.

Для оценки полученных результатов использовалась статистика хи-квадрат для таблиц сопряженных признаков  $2 \times 2$  (Chi-square test). Оценка осуществлялась с помощью пакета стандартных программ «SPSS 10.5» для Windows 98.

#### Результаты исследования и их обсуждение.

В качестве показателя состояния различных компонентов управляющих функций анализировалось наличие или выраженность трудностей выполнения заданий по критериям, представленным в табл. 1.

Исследование возрастной динамики компонентов, связанных с *программированием произвольных действий*, показало, что наиболее значимые прогрессивные изменения в их состоянии (уменьшение выраженности трудностей) происходят в основном при переходе от 7–8 к 9–10 годам. Особенно отчетливо это проявляется при планировании детьми сложной зрительно-пространственной деятельности (рис. 1, табл. 2). У детей старшей возрастной группы существенно реже (7,1 % случаев), чем в средней и младшей возрастных группах (36,4 % и 50 % соответственно), встречаются трудности выработки стратегии копирования. К тому же только к 9–10 годам улучшаются возможности четкого следования намеченной структуре. Дети младших возрастов чаще склонны игнорировать элементы уже скопированной структуры, когда заполняют ее деталями (см. рис. 1).

Из рис. 2 видно, что возможности усвоения серийной двигательной программы также улучшаются

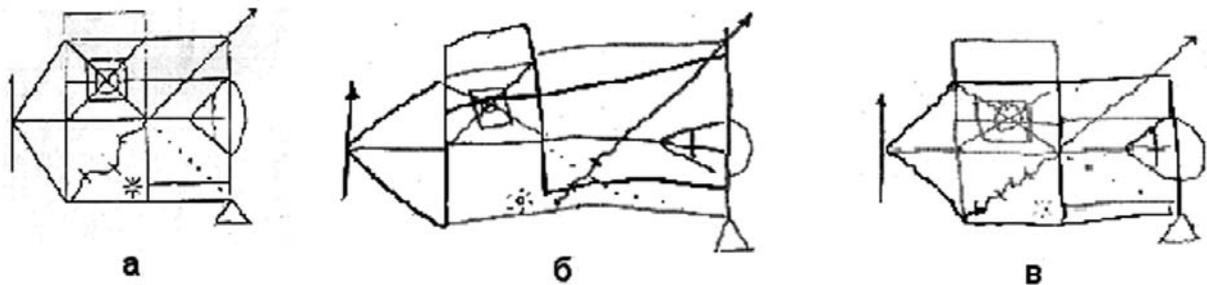


Рис. 1. Примеры копирования фигуры Тэйлора одним и тем же ребенком

а — образец фигуры Тэйлора; б — копирование фигуры Тэйлора в 8 лет. Игнорирование структуры уже скопированной структуры при изображении детали «косая стрелка»; в — копирование фигуры Тэйлора в 10 лет. Отсутствие игнорирования структуры

Таблица 1  
**Пробы нейробиологического обследования, использованные для исследования управляющих функций, их направленность, анализ компонентов управляющих функций, которые могут быть исследованы с помощью проб, и система оценки**

Название пробы	На что направлена проба	Компоненты управляющих функций, которые могут быть исследованы с помощью пробы	Оценка дефицита компонента
<b>1. Конфликтная проба (Т.В. Ахутина и др., 1996)</b>	Позволяет исследовать организацию действий при конфликте непосредственного воздействия и условного значения раздражителя. В данном варианте проба также направлена на оценку возможности эффективного переключения с одной последовательности сигналов на другую и может выявлять инертность в двигательной сфере	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность избирательного реагирования на существенные для решения задачи стимулы за счет торможения непосредственных реакций I (3)</li> <li>2. Возможность избирательного реагирования на существенные для решения задачи стимулы за счет торможения непосредственных реакций II (3)</li> <li>2. Возможность переключения с одного элемента программы на другой (4)</li> <li>3. Возможность переключения с программы на программу (5)</li> <li>4. Возможность устойчивого следования усвоенной серийной программе (6)</li> <li>5. Возможность усвоения программы (1)</li> <li>6. Возможность контроля за протеканием собственной деятельности (8)</li> </ol>	0 — отсутствие эхо-реакций, 1 — наличие эхо-реакций 0 — отсутствие опережающих реакций, 1 — наличие опережающих реакций 0 — отсутствие двигательных perseverаций, 1 — наличие двигательных perseverаций 0 — отсутствие ошибок переключения, 1 — наличие ошибок переключения 0 — 0–2 сбоя при выполнении программы, 1 — больше 2 сбоев 0 — отсутствие трудностей усвоения инструкции, 1 — наличие трудностей усвоения инструкции 0 — испытуемый самостоятельно замечает и исправляет ошибки, 1 — испытуемый не замечает ошибок
<b>2. Копирование сложной фигуры Тэйлора (V. Anderson, 2001)</b>	Позволяет исследовать способность к планированию и состояние зрительно-пространственных функций	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность усвоения программы (1)</li> <li>2. Возможность выработки собственной стратегии деятельности (2)</li> <li>3. Возможность контроля за протеканием собственной деятельности (8)</li> </ol>	0 — отсутствие ошибок следования намеченной структуре, 1 — ошибки следования намеченной структуре 0 — последовательная стратегия копирования, 1 — непоследовательная или хаотичная стратегия копирования 0 — испытуемый самостоятельно замечает и устраняет пропуски деталей, 1 — испытуемый не замечает пропусков даже после указания на их возможное наличие

Название пробы	На что направлена проба	Компоненты управляющих функций, которые могут быть исследованы с помощью пробы	Оценка дефицита компонента
<p>3. Исследование динамического праксиса (Схема..., 1973, Т.В. Ахутина и др., 1996), упрощенный вариант (без переключения на другую программу)</p>	<p>Проба направлена на исследование возможности усвоения сложной двигательной программы при наглядной демонстрации образца, сформированности двигательной сферы — механизмов серийной организации двигательного акта, способности к автоматизации двигательного навыка, фоновых компонентов движения, его пространственной организации</p>	<p>1. Возможность усвоения программы (1)</p> <p>2. Возможность устойчивого следования усвоенной серийной программе (6)</p> <p>3. Возможность контроля за протеканием собственной деятельности (8)</p> <p>4. Возможность опосредования собственных действий (7)</p>	<p>0 — отсутствие трудностей усвоения серии движений, 1 — наличие трудностей усвоения серии движений</p> <p>0 — отсутствие сбоев при выполнении программы, 1 — наличие сбоев при выполнении программы</p> <p>0 — испытуемый самостоятельно замечает и исправляет ошибки, 1 — испытуемый не замечает ошибок</p> <p>0 — испытуемый использует различные приемы опосредования действий при выполнении программы, 1 — испытуемый не использует опосредования действий</p>
<p>4. Графическая проба (Схема..., 1973, Т.В. Ахутина и др., 1996)</p>	<p>Проба направлена на исследование динамической организации движений и позволяет оценить возможность усвоения двигательной программы при графическом предъявлении образца, ее автоматизации, возможности переключения с одного движения на другое при выполнении графической деятельности</p>	<p>1. Возможность переключения с одного элемента программы на другой (4)</p> <p>2. Возможность усвоения программы (1)</p> <p>3. Возможность контроля за протеканием собственной деятельности (8)</p> <p>4. Возможность опосредования собственных действий (7)</p>	<p>0 — отсутствие перевертываний элементов программы, 1 — наличие перевертываний элементов программы</p> <p>0 — отсутствие трудностей усвоения инструкции, 1 — наличие трудностей усвоения инструкции</p> <p>0 — испытуемый самостоятельно замечает и исправляет ошибки, 1 — испытуемый не замечает ошибок</p> <p>0 — испытуемый использует различные приемы опосредования действий при выполнении программы, 1 — испытуемый не использует опосредования действий</p>
<p>5. Пересказ рассказа «Галка и голуби» (Схема..., 1973; Н.К. Киященко, 1973)</p>	<p>Проба используется для исследования интеллектуальных процессов, связанных с пониманием содержания речевого сообщения, формирования плана, оприходования на причинно-следственные связи, содержащиеся в тексте</p>	<p>1. Возможность выработки стратегии деятельности (2)</p>	<p>0 — отсутствие трудностей построения пересказа, 1 — наличие трудностей построения пересказа в виде пропусков значимых частей текста, если это не связано с трудностями запоминания (пропуск легко восстанавливается, благодаря наводящим вопросам исследователя)</p>

к 9–10 годам, однако различия между группами не достигают степени значимости.

Единственный показатель программирования произвольных действий, улучшение которого отмечается при переходе от 6–7 к 7–8 годам — возможность планирования при пересказе. Вероятно, это связано с началом систематического обучения, когда деятельность по пересказу текста становится более востребованной. Ситуация обучения может способствовать развитию отдельных навыков, требующих участия процессов программирования, благодаря наличию у ребенка «зоны ближайшего развития» [6].

Анализ компонентов, связанных с *избирательной регуляцией произвольных действий*, показал, что наиболее выраженные изменения в их состоянии происходят при переходе от 6–7 к 7–8 годам (см. рис. 1, табл. 2). Те показатели, которые отражают дефицит избирательного реагирования за счет торможения непосредственных реакций (импульсивность и опережающее поведение), меняются в лучшую сторону при переходе к школьному обучению. Школьники лучше выполняют действия по инструкции, не допуская непосредственных, «напрасивающихся» ответов, лучше выдерживают паузу между стимулом и действием. Полученные в настоящей работе данные о значимом улучшении избирательной регуляции действий к 7–8 годам находятся в некотором противоречии с данными М.К. Велша [45] о более раннем (к 6 годам) формировании способности сопротивляться отвлечению. Вместе с тем они согласуются с результатами электрофизиологического анализа мозговой организации предстимульного модально-специфического внимания [12], согласно которому у детей 7–8 лет в норме произвольная настройка на распознавание сигналов определенной модальности обеспечивается

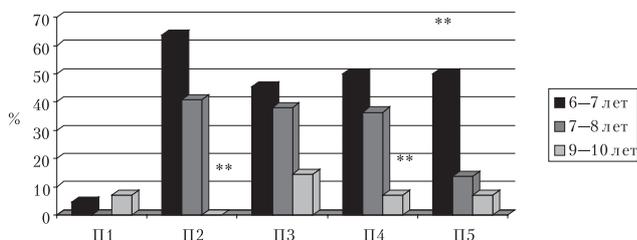


Рис. 2. Возрастная динамика возможностей программирования деятельности. По оси ординат — % детей с трудностями программирования

П1 — трудности усвоения инструкции в конфликтной пробе (дефицит компонента 1, «возможность усвоения заданной программы деятельности»); П2 — трудности следования намеченной программе при копировании фигуры Тэйлора (дефицит компонента 1, «возможность усвоения заданной программы деятельности»); П3 — трудности усвоения серий при выполнении пробы на исследование динамического праксиса (дефицит компонента 1, «возможность усвоения заданной программы деятельности»); П4 — трудности создания стратегии копирования (непоследовательная или хаотичная стратегия) фигуры Тэйлора (дефицит компонента 2, «возможность выработки собственной стратегии деятельности»); П5 — трудности создания стратегии пересказа текста (дефицит компонента 2, «возможность выработки собственной стратегии деятельности»);

\*\* — наличие значимых различий,  $p < 0,01$ .

формированием избирательных функциональных объединений, адекватных ожидаемому сигналу специфических и ассоциативных корковых зон. Как показало сопоставление мозговой организации предстимульного внимания у детей с разной степенью зрелости регуляторных систем мозга, развитие нейрофизиологических механизмов избирательной модуляции активности коры при подготовке к деятельности в значительной степени обусловлено созреванием к 7–8 годам фронто-таламической регуляторной системы.

У школьников, по сравнению с дошкольниками, возрастает способность к использованию дополнительных средств саморегуляции и опосредования. В частности, отмечено, что дети 7–8 и 9–10 лет более склонны проговаривать свои действия вслух, выстраивать ассоциации со знакомыми образами при усвоении зрительно-пространственной серийной программы (графическая проба). Эти данные не совсем согласуются с результатами, полученными

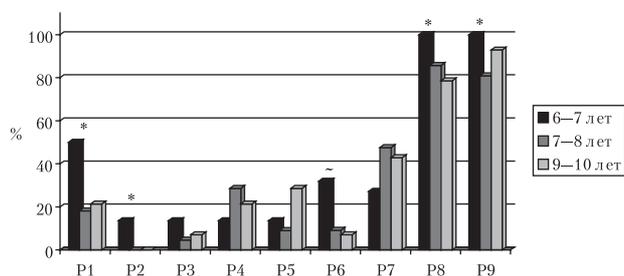


Рис. 3. Возрастная динамика возможностей избирательной регуляции деятельности. По оси ординат — % детей с трудностями избирательной регуляции деятельности

П1 — наличие эхо-реакций при выполнении конфликтной пробы (дефицит компонента 3, «возможность избирательного реагирования на существенные для решения задачи стимулы за счет торможения непосредственных реакций»); П2 — наличие опережающих ответов при выполнении конфликтной пробы (дефицит компонента 3, «возможность избирательного реагирования на существенные для решения задачи стимулы за счет торможения непосредственных реакций»); П3 — наличие персевераций при выполнении конфликтной пробы (дефицит компонента 4, «возможность переключения с одного элемента программы на другой»); П4 — наличие персевераций при выполнении графической пробы (дефицит компонента 4, «возможность переключения с одного элемента программы на другой»); П5 — наличие трудностей переключения с программы на программу при выполнении конфликтной пробы (дефицит компонента 5, «возможность переключения с программы на программу»); П6 — наличие трудностей удержания усвоенной программы при выполнении конфликтной пробы (дефицит компонента 6, «возможность устойчивого следования усвоенной серийной программе»); П7 — наличие трудностей удержания усвоенной программы при выполнении пробы на исследование динамического праксиса (дефицит компонента 6, «возможность устойчивого следования усвоенной серийной программе»); П8 — отсутствие опосредования действий при выполнении пробы на исследование динамического праксиса (дефицит компонента 7, «возможность опосредования собственных действий»); П9 — отсутствие опосредования действий при выполнении графической пробы (дефицит компонента 7, «возможность опосредования собственных действий»);

~ — наличие тенденции к значимым различиям между группами;

\* — наличие значимых различий,  $p < 0,05$

ми О.К. Тихомировым [23] в его исследовании, показавшем, что речевая регуляция действий созревает к 5 годам, после чего переходит к внутренней речи и внешняя речь становится излишней. В нашем исследовании дети 6–7 лет никогда самостоятельно не использовали опосредование с целью саморегуляции. Возможно, это рассогласование связано с тем, что в исследовании О.К. Тихомирова речевая регуляция инициировалась взрослым, в то время как мы не делали этот процесс управляемым, а про-

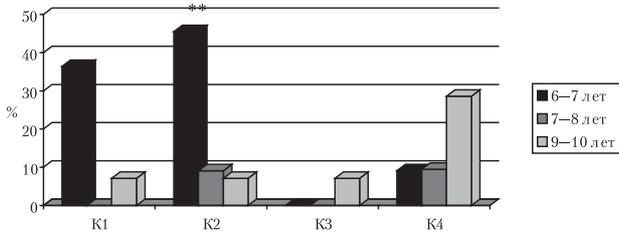


Рис. 4. Возрастная динамика возможностей контроля над протеканием собственной деятельности

По оси ординат – % детей с трудностями контроля

K1 – игнорирование ошибок при выполнении конфликтной пробы (дефицит компонента 8, «возможность контроля за протеканием собственной деятельности»); K2 – игнорирование ошибок (пропусков) при копировании фигуры Тэйлора даже при указании исследователя на их возможное наличие (дефицит компонента 8, «возможность контроля за протеканием собственной деятельности»); K3 – игнорирование ошибок при выполнении пробы на исследование динамического праксиса (дефицит компонента 8, «возможность контроля за протеканием собственной деятельности»); K4 – игнорирование ошибок при выполнении графической пробы (дефицит компонента 8, «возможность контроля за протеканием собственной деятельности»);

\*\* – наличие значимых различий,  $p < 0,01$

сто отслеживали спонтанное возникновение деятельности по опосредованию.

Интересен также и тот факт, что к 7–8 годам существенно улучшаются возможности принятия помощи со стороны взрослого. В нашей работе, если у ребенка возникали сложности при усвоении серийной двигательной программы в пробе на исследование динамического праксиса, ему предлагалось несколько видов помощи: дополнительное предъявление последовательности движений, интонационное опосредование (исследователь, показывая движения, приговаривал «так-так-так», делая ударение на последний слог), опосредование счетом (исследователь вслух считал «1–2–3, 1–2–3»), опосредование словом (исследователь сопровождал показ называнием движений) и совместное выполнение. Детям двух старших групп достаточно было одного дополнительного предъявления для успешного усвоения программы. С первого и второго показа программу усваивали 95,4 % детей 7–8 лет и 100 % детей 9–10 лет. Многим детям младшей группы (31,9 %) требовалось развернутое опосредованное предъявление для успешного усвоения серии движений (значимость различий с группой детей 7–8 лет  $\chi^2 = 4,385, p = 0,036$ , с группой детей 9–10 лет  $\chi^2 = 6,658, p = 0,010$ ).

Показатели, отражающие трудности переключения с одного элемента программы на другой и с одной программы на другую, с возрастом значимо не менялись.

Общая устойчивость программы к различным воздействиям улучшалась при переходе от 6–7 к 7–8 годам (см. рис. 1, табл. 2).

Анализ возможности *контроля за осуществлением произвольных действий* показал, что ее существенное улучшение в ряде тестов отмечается также при переходе от 6–7 к 7–8 годам (см. рис. 3, табл. 2).

Таблица 2

**Достоверность различий между возрастными группами по показателям возможностей произвольной регуляции деятельности**

Показатели / возрастные группы	6–7 – 7–8 лет		7–8 – 9–10 лет		6–7 – 9–10 лет	
	$\chi^2$	$p$	$\chi^2$	$p$	$\chi^2$	$p$
<b>П1</b>	1,410	0,235	1,934	0,164	0,107	0,743
<b>П2</b>	2,298	0,130	10,721	<b>0,001**</b>	19,273	<b>0,001**</b>
<b>П3</b>	0,231	0,631	0,137	0,712	0,003	0,456
<b>П4</b>	0,837	0,360	4,442	<b>0,035*</b>	8,126	<b>0,004**</b>
<b>П5</b>	7,019	<b>0,008**</b>	0,385	0,535	8,126	<b>0,004**</b>
<b>Р1</b>	5,103	<b>0,024*</b>	0,057	0,811	3,067	<b>0,080</b>
<b>Р2</b>	4,379	<b>0,036*</b>	-	-	3,127	<b>0,077</b>
<b>Р3</b>	1,147	0,284	0,107	0,743	0,385	0,535
<b>Р4</b>	1,468	0,226	0,228	0,633	0,367	0,545
<b>Р5</b>	0,227	0,637	2,285	0,131	1,190	0,275
<b>Р6</b>	3,659	<b>0,056</b>	0,043	0,835	3,412	<b>0,065</b>
<b>Р7</b>	1,919	0,166	0,077	0,782	0,926	0,336
<b>Р8</b>	4,536	<b>0,033*</b>	0,247	0,586	6,104	<b>0,013*</b>
<b>Р9</b>	6,165	<b>0,013**</b>	1,053	0,305	1,934	0,164
<b>К1</b>	12,883	<b>0,001**</b>	1,934	0,164	4,442	<b>0,035*</b>
<b>К2</b>	7,843	<b>0,005**</b>	0,043	0,835	6,795	<b>0,009**</b>
<b>К3</b>	-	-	1,877	0,171	1,934	0,164
<b>К4</b>	0,002	0,961	2,110	0,146	2,285	0,131

Условные обозначения те же, что и на рис. 1. Жирным шрифтом выделены достоверные и близкие к достоверным различия

Интересно отметить, что по компонентам, связанным с избирательной регуляцией действий, и по возможностям контроля при переходе от 7–8 к 9–10 годам в ряде случаев отмечается некоторое увеличение числа детей, испытывающих трудности. В то же время значимых различий между двумя старшими группами получено не было. В одной из наших работ [20], в которой проводился сравнительный анализ возрастной динамики компонентов управляющих функций, было показано, что дети с соответствием возрасту зрелости биоэлектрической активности мозга при переходе от 7–8 к 9–10 годам демонстрируют ухудшение в состоянии ряда компонентов. В том числе были получены данные по снижению возможностей переключения с одной программы на другую и возможностей контроля. Однако дети при этом сравнивались вне зависимости от успешности их обучения.

В зарубежной литературе имеются данные об ухудшении некоторых показателей выполнения тестов, направленных на исследование управляющих функций [27, 44] между 8 и 9 годами. Но подобные факты в этих работах не находят объяснения. В работе Н. МакНейл [41] была получена U-образная закономерность эффективности решения некоторых математических задач, где возраст 9 лет являлся самой нижней точкой кривой, т. е. в этом возрасте дети демонстрировали наихудшие результаты.

Анализ результатов свидетельствует о различной возрастной динамике компонентов управляющих функций в старшем дошкольном и младшем школьном возрастах. Такие компоненты избирательной регуляции, как возможность сопротивляться отвлечению, возможность устойчиво удерживать усвоенную программу, не допускать ошибки после единичного их возникновения, а также способность к опосредованию действий и принятию помощи делают большой шаг в развитии при переходе от 6–7 к 7–8 годам. Вместе с тем не отмечено существенных измене-

ний со стороны способности к переключению. В то же время к 9–10 годам намечается некоторое увеличение числа детей, испытывающих трудности переключения с одной программы на другую. Возможности планирования своих действий значительно улучшаются только к концу младшего школьного возраста. По данным других исследователей, эти компоненты управляющих функций остаются незрелыми вплоть до юношеского возраста [45, 32].

Таким образом, в настоящем исследовании показано, что у детей без трудностей обучения и отклонений в функциональном состоянии мозга, которых можно отнести к «оптимальной норме», различные компоненты управляющих функций развиваются гетерохронно. В целом существенные изменения в развитии избирательной регуляции и контроля произвольных действий происходят в период от 6 до 8 лет, тогда как функции планирования демонстрируют прогресс при переходе от 7–8 к 9–10 годам.

## Выводы

1. В старшем дошкольном и младшем школьном возрастах происходят прогрессивные изменения в формировании функций программирования, регуляции и контроля деятельности.

2. При переходе от 6–7 к 7–8 годам отмечается значимое улучшение возможностей торможения непосредственных реакций, удержания усвоенной программы деятельности, опосредования собственных действий и принятия помощи взрослого.

3. Прогрессивные изменения в усвоении программ и выработке стратегии деятельности происходят преимущественно к 9–10 годам.

4. Различные компоненты управляющих функций в исследованный период от 6 до 10 лет формируются гетерохронно.

## Литература

1. Ахутина Т.В., Игнатъева С.Ю., Максименко М.Ю., Полонская Н.Н., Пылаева Н.М., Яблокова Л.В. Методы нейропсихологического обследования детей 6–8 лет // Вестн. Моск. ун-та. Серия 14. Психология. 1996. № 2.  
2. Безруких М.М. Центральные механизмы организации и регуляции произвольных движений у детей 6–10 лет. Сообщение I. Электрофизиологический анализ процесса подготовки к движениям // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 6.  
3. Безруких М.М. Центральные механизмы организации и регуляции произвольных движений у детей 6–10 лет. Сообщение II. Электрофизиологический анализ процесса выполнения движений у праворуких детей // Физиология человека. 1998. Т. 24. № 3.  
4. Выготский Л.С. Кризис семи лет // Собрание сочинений: В 6 т. Т. 4. М., 1984.  
5. Выготский Л.С. Орудие и знак в развитии ребенка // Собрание сочинений: В 6 т. Т. 6. М., 1984.  
6. Выготский Л.С. Проблема возраста // Собрание сочинений: В 6 т. Т. 6. М., 1984.

7. Дубровинская Н.В., Савченко Е.И. Формирование механизмов организации внимания в онтогенезе // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / Под ред. О.С. Адрианова, Д.Б. Фарбер. Л., 1990.  
8. Леонтьев А.Н. Развитие высших форм запоминания // Избранные психологические труды: В 2 т. Т. 1 / Под ред. В.В. Давыдова, В.П. Зинченко, А.А. Леонтьева, А.В. Петровского. М.: Педагогика. 1983.  
9. Лурия А.Р. Мозг человека и психические процессы. Т. 2. М., 1970.  
10. Лурия А.Р. Язык и сознание. М., 1979.  
11. Мастюкова Е.М. Лечебная педагогика (ранний и дошкольный возраст). М., 1977.  
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. *Мачинская Р.И., Семенова О.А.* Особенности формирования высших психических функций у младших школьников с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2004. Т. 40. № 5.
15. *Мещерякова С.А., Авдеева Н.Н.* Особенности психической активности ребенка первого года жизни // Мозг и поведение младенца / Под ред. О.С. Адрианова. М., 1993.
16. *Полонская Н.Н.* Нейропсихологические особенности детей с разной успешностью обучения // А.Р. Лурия и психология XXI века (доклады Второй международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.Р. Лурия) / Под ред. Т.В. Ахутиной, Ж.М. Глозман. М., 2003.
17. *Полонская Н.Н., Яблокова Л.В.* Функции программирования и контроля и успешность обучения у первоклассников / I Международная конференция памяти А.Р. Лурии: Сборник докладов. М., 1998.
18. *Семенова Л.К., Васильева В.В., Цехмитренко Т.А.* Структурные преобразования коры большого мозга человека в постнатальном онтогенезе // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л., 1990.
19. *Семенова О.А.* Методика оценки функций произвольной регуляции деятельности у детей младшего школьного возраста // Новые исследования: Альманах. 2006. Т. 10. № 2.
20. *Семенова О.А.* Формирование функций регуляции и контроля у младших школьников // Автореф. дис ... канд. психол. наук. М., 2005.
21. *Семенова О.А., Мачинская Р.И., Ахутина Т.В., Крупская Е.В.* Мозговые механизмы произвольной регуляции деятельности и формирование навыка письма у детей 7–8 лет // Физиология человека. 2001. Т. 27. № 4.
22. *Строганова Т.А., Орехова Е.В., Посикера Н.Н.* Тетра ритм ЭЭГ младенцев и развитие механизмов произвольного контроля внимания на втором полугодии первого года жизни // Журнал высшей нервной деятельности. 1998. Т. 48. № 6.
23. *Тихомиров О.К.* О формировании произвольных движений у детей дошкольного возраста // Проблемы высшей нервной деятельности нормального и аномального ребенка / Под ред. А.Р. Лурии Т. 2. М., 1958.
24. *Фарбер Д.А.* Развитие зрительного восприятия в онтогенезе. Психофизиологический анализ // Мир психологии. 2003. № 2 (34).
25. *Яковлева С.В.* Условия формирования простейших видов произвольного действия у детей преддошкольного возраста // Проблемы высшей нервной деятельности нормального и аномального ребенка / Под ред. А.Р. Лурии Т. 2. М., 1958.
26. *Anderson V.* Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations // Pediatric Rehabilitation. 2001. Vol. 4. № 3.
27. *Archibald S.J., Kerns K.A.* Identification and description of new tests of executive functioning in children // Child Neuropsychology. 1999. Vol. 5. № 2.
28. *Barkley R.A.* Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD/ R. A. Barkley // Psychol Bull. 1997. № 121.
29. *Chelune G.J., Baer R.A.* Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test / Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology. 1986. № 8.
30. *Chugani H.T.* A critical period of brain development studies of cerebral glucose utilization with PET // Preventive Medicine. 1998. Vol. 27.
31. *Chugani H.T., Phelps M.E., Mazziotta J.C.* Positron emission tomography study of human brain functional development // Annals of Neurology. 1987. V. 22.
32. *Crone E.A., Bunge S.A., Latenstein H., Van der Molen M.W.* Characterization of children's decision making: sensitivity to punishment frequency, not task complexity // Child Neuropsychology. 2005. V. 11.
33. *Diamond A.* Neuropsychological insights into the meaning of object concept development // The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition / S. Carey, R. Gelman (eds). Hillsdale, N.Y., 1991.
34. *Diamond A.* Looking closely at infants' performance and experimental procedures in the A-not-B task // Behavior and Brain Sciences. 2001. V. 24. № 1.
35. *Diemer K.* Capillarisation and oxygen supply of the brain // Oxygen Transport in blood and tissue / Lubbers D.W., Luft U.C., Thews G., Witzleb E. (eds). Stuttgart, Thieme Inc. 1968.
36. *Fincham J.M., Carter C.S., van Veen V., Stenger V.A., Anderson J.R.* Neural mechanisms of planning: A computational analysis using event-related fMRI // PNAS. 2002. V. 99. № 5.
37. *Huttenlocher P.R., Dabholcar A.S.* Developmental anatomy of prefrontal cortex // Developmental of the Prefrontal Cortex: Evolution, Neurobiology, and Behavior / N.A. Krasnegor, G.R. Lyon, P.S. Goldman-Rakic (eds). Baltimore, 1997.
38. *Kirkwood M.W., Weiler M.D., Holmes-Bernstein J. et al.* Sources of Poor Performance on the Rey-Osterrieth Complex Figure Test among children with learning difficulties: A Dynamic assessment approach // The Clinical Neuropsychologist. 2001. Vol. 15. № 3.
39. *Korkman M., Kemp S.L., Kirk U.* Effects of age on neurocognitive measures of children ages 5 to 12: A Cross-Sectional study on 800 children from the United States // Developmental Neuropsychology. 2001. V. 20. № 1.
40. *Lazar J.W., Frank Y.* Frontal systems dysfunction in children with attention-deficit / hyperactivity disorder and learning disabilities // Journal of Neuropsychiatry. 1998. Vol. 10. № 2.
41. *McNeil N.M.* U-shaped development in math: 7-year-olds outperform 9-year-olds on equivalence problems // Development Psychology. 2007. Vol. 43 (3).
42. *Posner M.I., Rothbart M.K.* Developing mechanisms of self-regulation // Developing and Psychopathology. 2000. № 12.
43. *Schade J.P., van Groenigen W.B.* Structural organization of the human cerebral cortex // Acta Anat. 1961. Vol. 47.
44. *Snow J.H.* Developmental patterns and use of the wisconsin card sorting test for children and adolescents with learning disabilities // Child Neuropsychology. 1998. Vol. 4. № 2.
45. *Welsh M.C., Pennington B.F., Grossier P.B.* A normative-developmental study of executive function // Developmental Neuropsychology. 1991. Vol. 7.
46. *Willcutt E.G.* Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review/ E.G. Willcutt, A.E. Doyle, J.T. Nigg, S.V. Faraone, B.F. Pennington // Biol. Psychiatry. 2005. V. 57. № 11.

# Age-Specific Changes of Activity Self-Regulation in Preschool-Age and Early School-Age Children

**O.A. Semyonova**

Ph.D. in Psychology, senior researcher at the Institute of Age Physiology of the Russian Academy of Education

**D.A. Koshelkov**

senior laboratory assistant, Institute of Age Physiology of the Russian Academy of Education

**R.I. Machinskaya**

Ph.D. in Biology, senior researcher, head of laboratory at the Institute of Age Physiology of the Russian Academy of Education

This research aimed to study age-specific changes of activity self-regulation in children entering school. Children involved in the research were healthy and didn't have any learning or behavioural difficulties; the research comprised three age groups: 6–7-year-old, 7–8-year-old and 9–10-year-old children. Various components of such functions as activity programming, regulation and verification (i.e. planning functions) were assessed in a neuropsychological examination using a specially developed technique. According to this examination, planning functions formation undergoes progressive changes in preschool-age and early school-age children. A significant improvement in the child's ability to delay his/her spontaneous reactions, to maintain the acquired activity programme, to mediate the child's own actions, and to accept help from an adult can be seen at the age of 7–8 years. Progressive changes in acquiring programmes and developing activity strategies occur chiefly by the age of 9–10. Therefore, the data obtained in the research provide evidence for the heterogeneity in the development of various components of planning functions in children from 6 to 10 years old.

**Key words:** preschool-age and early school-age children, self-regulation of activity, planning functions, age dynamics, heterogeneity of development, neuropsychology.

## References

1. Ahutina T.V., Ignat'eva S.Yu., Maksimenko M.Yu., Polonskaya N.N., Pylaeva N.M., Yablokova L.V. Metody neiropsihologicheskogo obsledovaniya detei 6–8 let // Vestn. Mosk. un-ta. Seriya 14. Psihologiya. 1996. № 2.
2. Bezrukih M.M. Central'nye mehanizmy organizatsii i regulyatsii proizvol'nyh dvizhenii u detei 6–10 let. Soobshenie I. Elektrofiziologicheskii analiz processa podgotovki k dvizheniyam // Fiziologiya cheloveka. 1997. T. 23. № 6.
3. Bezrukih M.M. Central'nye mehanizmy organizatsii i regulyatsii proizvol'nyh dvizhenii u detei 6–10 let. Soobshenie II. Elektrofiziologicheskii analiz processa vypolneniya dvizhenii u pravorukih detei // Fiziologiya cheloveka. 1998. T. 24. № 3.
4. Vygotskii L.S. Krizis semi let // Sobranie sochinenii: V 6 t. T. 4. M., 1984.
5. Vygotskii L.S. Orudie i znak v razvitii rebenka // Sobranie sochinenii: V 6 t. T. 6. M., 1984.
6. Vygotskii L.S. Problema vozrasta // Sobranie sochinenii: V 6 t. T. 6. M., 1984.
7. Dubrovinskaya N.V., Savchenko E.I. Formirovanie mehanizmov organizatsii vnimaniya v ontogeneze // Strukturno-funktsional'naya organizatsiya razvivayushegosya mozga / Pod red. O.S. Adrianova, D.B. Farber. L., 1990.
8. Leont'ev A.N. Razvitie vysshih form zapominaniya // Izbrannye psihologicheskie trudy: V 2 t. Tom 1 / Pod red. V.V. Davydova, V.P. Zinchenko, A.A. Leont'eva, A.V. Petrovskogo. M., 1983.
9. Luriya A.R. Mozg cheloveka i psihicheskie processy. M., T. 2. 1970.
10. Luriya A.R. Yazyk i soznanie. M., 1979.
11. Mast'yukova E.M. Lechebnaya pedagogika (rannii i doskol'nyi vozrast). M., 1977.
12. Machinskaya R.I. Funktsional'noe sozrevanie mozga i formirovanie neirofiziologicheskikh mehanizmov izbiratel'nogo proizvol'nogo vnimaniya u detei mladshogo 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 trudnostyah obucheniya // Fiziologiya cheloveka. 1997. T. 23. № 5.
14. Machinskaya R.I., Semenova O.A. Osobennosti formirovaniya vysshih psihicheskikh funktsii u mladshih shkol'nikov s razlichnoi stepen'yu zrelosti regulyatornykh sistem mozga // Zh-l evolyucionnoi biohimii i fiziologii. 2004. T. 40. № 5.
15. Mesheryakova S.A., Avdeeva N.N. Osobennosti psihicheskoi aktivnosti rebenka pervogo goda zhizni // Mozg i povedenie mladenca / Pod red. O.S. Adrianova. M., 1993.
16. Polonskaya N.N. Neiropsihologicheskie osobennosti detei s raznoi uspešnost'yu obucheniya // A.R. Luriya i psihologiya XXI veka (doklady Vtoroi mezhdunarodnoi konferentsii,

posvyashennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya A.R. Lurii) / Pod red. T.V. Ahutinoi i Zh.M.Glozman. M. 2003.

17. *Polonskaya N.N., Yablokova L.V.* Funkcii programirovaniya i kontrolya i uspeshnost' obucheniya u pervoklassnikov / I Mezhdunarodnaya konferenciya pamyati A.R. Lurii. Sbornik dokladov. M., 1998.

18. *Semenova L.K., Vasil'eva V.V., Cehmitrenko T.A.* Strukturnye preobrazovaniya kory bol'shogo mozga cheloveka v postnatal'nom ontogeneze // Strukturno-funkcional'naya organizaciya razvivayushegosya mozga. L., 1990.

19. *Semenova O.A.* Metodika ocenki funkcii proizvol'noi regulyatsii deyatel'nosti u detei mladshogo shkol'nogo vozrasta // Novye issledovaniya (al'manah). 2006. T. 10. № 2.

20. *Semenova O.A.* Formirovanie funkcii regulyatsii i kontrolya u mladshih shkol'nikov // Avtoref. diss. ... kand. psihol. nauk. M., 2005.

21. *Semenova O.A., Machinskaya R.I., Ahutina T.V., Krupskaya E.V.* Mozgovye mehanizmy proizvol'noi regulyatsii deyatel'nosti i formirovanie navyka pis'ma u detei 7–8 let // Fiziologiya cheloveka. 2001. T. 27. № 4.

22. *Stroganova T.A., Orehova E.V., Posikera N.N.* Teta-ritm EEG mladencev i razvitie mehanizmov proizvol'nogo kontrolya vnimaniya na vtorom polugodii pervogo goda zhizni // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. 1998. T. 48. № 6.

23. *Tihomirov O.K.* O formirovanii proizvol'nyh dvizhenii u detei doshkol'nogo vozrasta / Problemy vysshei nervnoi deyatel'nosti normal'nogo i anomal'nogo rebenka // Pod red. A.R. Lurii T. 2. M., 1958.

24. *Farber D.A.* Razvitie zritel'nogo vospriyatiya v ontogeneze. Psihofiziologicheskii analiz // Mir psihologii. 2003. №2 (34).

25. *Yakovleva S.V.* Usloviya formirovaniya prosteishih vidov proizvol'nogo deistviya u detei preddoshkol'nogo vozrasta // Problemy vysshei nervnoi deyatel'nosti normal'nogo i anomal'nogo rebenka / Pod red. A.R. Lurii T. 2. M., 1958.

26. *Anderson V.* Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations // Pediatric Rehabilitation. 2001. Vol. 4. № 3.

27. *Archibald S.J., Kerns K.A.* Identification and Description of New Tests of Executive Functioning in Children // Child Neuropsychology. 1999. Vol. 5. № 2.

28. *Barkley R.A.* Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD / R. A. Barkley // Psychol Bull. 1997. № 121.

29. *Chelune G.J., Baer R.A.* Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test / Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology. 1986. № 8.

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

31. *Chugani H.T., Phelps M.E., Mazziotta J.C.* Positron Emission Tomography Study of Human Brain Functional Development // Annals of Neurology. 1987. V. 22.

32. *Crone E.A., Bunge S.A., Latenstein H., Van der Molen M.W.* Characterization of children's decision making: sensitivity to punishment frequency, not task complexity // Child Neuropsychology, 11. 2005.

33. *Diamond A.* Neuropsychological insights into the meaning of object concept development // The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition / S. Carey, R. Gelman eds. Hillsdale, N.Y., 1991.

34. *Diamond A.* Looking closely at infants' performance and experimental procedures in the A-not-B task // Behavior and Brain Sciences. 2001. V. 24. № 1.

35. *Diemer K.* Capillarisation and oxygen supply of the brain // Oxygen Transport in blood and tissue / Lubbers D.W., Luft U.C., Thews G., Witzleb E. (eds). Stuttgart, Thieme Inc. 1968.

36. *Fincham J.M., Carter C.S., van Veen V., Stenger V.A., Anderson J.R.* Neural mechanisms of planning: A computational analysis using event-related fMRI // PNAS. 2002. V. 99. № 5.

37. *Huttenlocher P.R., Dabholcar A.S.* Developmental Anatomy of Prefrontal Cortex // Developmental of the Prefrontal Cortex: Evolution, Neurobiology, and Behavior / N.A. Krasnegor, G.R. Lyon, P.S. Goldman-Rakic (eds). 1997.

38. *Kirkwood M.W., Weiler M.D., Holmes-Bernstein J. et al.* Sources of Poor Performance on the Rey-Osterrieth Complex Figure Test among Children With Learning Difficulties: A Dynamic Assessment Approach // The Clinical Neuropsychologist. 2001. Vol. 15. № 3.

39. *Korkman M., Kemp S.L., Kirk U.* Effects of Age on Neurocognitive Measures of Children Ages 5 to 12: A Cross-Sectional Study on 800 Children from the United States // Developmental Neuropsychology. 2001. V. 20. № 1.

40. *Lazar J.W., Frank Y.* Frontal Systems Dysfunction in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Learning Disabilities // Journal of Neuropsychiatry. 1998. Vol. 10. № 2.

41. *McNeil N.M.* U-shaped development in math: 7-year-olds outperform 9-year-olds on equivalence problems // Development Psychology. 2007. Vol. 43 (3).

42. *Posner M.I., Rothbart M.K.* Developing mechanisms of self-regulation // Developing and Psychopathology. 2000. № 12.

43. *Schade J.P., van Groenigen W.B.* Structural organization of the human cerebral cortex // Acta Anat. 1961. Vol. 47.

44. *Snow J.H.* Developmental Patterns and Use of the Wisconsin Card Sorting Test for Children and Adolescents with Learning Disabilities // Child Neuropsychology. 1998. Vol. 4. № 2.

45. *Welsh M.C., Pennington B.F., Grossier P.B.* A normative-developmental study of executive function // Developmental Neuropsychology. 1991. Vol. 7.

46. *Willcutt E.G.* Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review / E.G. Willcutt, A.E. Doyle, J.T. Nigg, S.V. Faraone, B.F. Pennington // Biol Psychiatry. 2005. V. 57.