

Возрастные особенности выработки стратегии когнитивной деятельности детьми 8 лет и взрослыми.

Семенова О.А., Кошельков Д.А.

Институт возрастной физиологии РАО

Проблема изучения функций программирования, регуляции и контроля деятельности или управляющих функций привлекает в настоящее время широкое внимание исследователей в области психологии и психофизиологии. Установлено, что управляющие функции (executive functions) имеют сложную структуру, одним из компонентов которой является выработка стратегии деятельности или планирование при работе с задачами, не имеющими готовых решений или способов решения (problem solving, planing) [15, 22, 25, 26, 27, 32].

Согласно основным принципам культурно-исторической психологии Выготского-Лурия [4; 8], всякая сознательная деятельность представляют собой сложную систему, произвольную по способу своего функционирования. Таким образом, управляющие функции являются неотъемлемой составляющей сознательной деятельности, обеспечивая ее произвольную организацию и регуляцию.

Планирование связано с внутренней генерацией информации. Индивид в процессе планирования вынужден либо совершать сложный выбор из числа известных ему способов решения стоящей перед ним задачи, либо изобретать новый, не знакомый ему ранее путь.

Исследователи описывают планирование как комплексный процесс, включающий ряд компонентов. Так, Фрит и Долан [20] говорят о, как минимум, трех, необходимых при планировании, сложных когнитивных операциях: 1) постановка и удержание цели, 2) выбор действий для достижения промежуточных целей и 3) проверка, будет ли каждое из выбранных действий способствовать достижению основной цели. Выбор действия связан с определенной оценкой вероятности того, насколько оно может привести к успеху, а проверка возможной эффективности действия требует способности предвидения последствий или выстраивания причинно-следственных связей в умственном плане.

Состав когнитивных операций, обеспечивающих выработку стратегии деятельности, не является в настоящее время до конца установленным. Мы предполагаем, что выработка стратегии деятельности в различных условиях включает в себя, по крайней мере, три различных составляющие.

Нам представляется, что каждая задача, требующая выработки стратегии ее решения,

содержит в себе *принцип организации материала*. Наиболее эффективное планирование решения выстраивается на основе понимания и учета этого принципа. Это может быть определенная организация информации (структура), внутренние взаимосвязи событий и причинно-следственные отношения между ними. Понимание этих принципов становится основой для определения этапов решения. Так, в задаче на копирование фигуры Тэйлора [15], успех выработки стратегии решения практически полностью зависит от того, сможет ли испытуемый выделить зрительную структуру фигуры и скопировать ее прежде отдельных элементов.

При работе с задачами, содержащими известные правила решения, индивиду предстоит *планирование последовательности шагов*, ведущих к цели. Такое планирование тем более эффективно, чем более индивид способен спрогнозировать ситуацию в уме и оценить возможность достижения желаемого результата. Такие задачи как Ханойская и Лондонская башня [20], являются яркими примерами такой парадигмы.

В задачах, с множеством вариантов решения (например, поиск спрятанного предмета), выработка стратегии требует генерации гипотез и выбора той, которая с наибольшей вероятностью сможет привести к успеху. Пропаший кошелек с большей вероятностью может находиться в сумке или в кармане и с меньшей - в бельевом шкафу. Поэтому индивид скорее всего начнет поиски с кармана куртки или с сумки. *Выбор наиболее эффективного действия на основании оценки вероятности его успеха* является важной составляющей процесса выработки стратегии деятельности в этом случае.

Таким образом, процесс выработки стратегии предположительно включает в себя следующие составляющие: понимание принципа организации материала, планирование последовательности действий и выбор действия на основе оценки вероятности успеха. Каждая из этих операций может иметь свою специфическую мозговую организацию.

А.Р.Лурия в своих трудах [8, 9] уделял особое внимание изучению вклада различных отделов мозга в обеспечение функций программирования, регуляции и контроля (функции III блока мозга по А.Р.Лурия). В его исследованиях было показано, что важную роль в обеспечении управляющих функций, в целом, и процессов планирования, в частности, играет префронтальная кора (ПФК) [8]. В то же время исследователи отмечают, что ПФК достаточно дифференцирована, и различные ее отделы обеспечивают различные когнитивные процессы.

Так, показано, что дорсолатеральная префронтальная кора (ДЛПФК, поля 9, 46 по Бродману) участвует в оперировании внешней информацией или ее внутренней репрезентацией [28]. Обнаружена активация ДЛПФК при мысленном представлении объектов [20], операциях рабочей памяти, включающих поддержание внутренней

репрезентации и манипулирование ее содержанием [20, 29, 31], принятие решений в ситуации выбора [20]. Также ДЛПФК обеспечивает реализацию действий по установленному правилу [29], использование готовой стратегии деятельности [31].

Сходные функции описаны при исследовании активности нижней префронтальной коры (поля 45 и 46 по Бродману в нижней фронтальной извилине). Авторы отмечают ее участие в процессах использования готовой стратегии [31] и при усвоении стратегии, основанной на сукцессивной оценке соответствия заданного набора элементов образцу [24].

Если дорсолатеральная префронтальная кора активизируется в процессе усвоения и использования готовой стратегии деятельности, то активность венстролатеральной префронтальной коры (поля 42 и 12 по Бродману) отмечается в ситуациях, требующих смены стратегии деятельности в связи с изменившимися условиями [29].

Задняя латеральная префронтальная кора (поля 44, 8a и 6 по Бродману) принимает участие в выборе стратегии поведения и действий, соответствующей заданным условиям [29].

В отличие от ДЛПФК, которая включена в операции с внешней информацией, кора лобного полюса (латеральная порция поля 10 по Бродману, а также области на латеральной границе поля 10 (с полями 46 и 9)) принимает участие в выстраивании самостоятельных планов действий [17], а также в обработке внутренне генерируемой информации [31].

И, наконец, венстромедиальная кора и, как часть ее, орбитофронтальная кора (ОФК, наиболее нижняя порция поля 10 по Бродману) участвуют в обеспечении мотивационных процессов, основанных на антиципации будущей выгоды, в подавлении автоматических форм поведения с целью выработки плана будущих действий, в предвидении долговременных последствий тех или иных действий [18, 31]. Задняя ОФК имеет реципрокные связи с лимбическими структурами, в то время как передняя ОФК взаимодействует, преимущественно с ДЛПФК и передней цингулярной корой. Таким образом, ОФК анатомически рассматривается как зона конвергенции эмоциональной (лимбические структуры) и когнитивной (префронтальные структуры) информации, что позволяет ОФК «использовать» информацию об эмоциональной значимости объекта и затем инициировать управляющие процессы, обеспечиваемые другими областями префронтальной коры. Эти функции наиболее значимы в новых ситуациях или в ситуациях неопределенности, требующих разрешения конфликта между конкурирующими выборами [31].

Представленные данные позволяют предположить, что выделенные нами составляющие выработки стратегии деятельности могут обеспечиваться функциональными системами мозга с участием различных отделов лобной коры.

Одно из важнейших положений культурно-исторического подхода состоит в том, что функциональные системы, являющиеся субстратом ВПФ, не появляются в готовом виде к рождению ребенка, а проходят длительный путь развития в онтогенезе, формируясь в процессе совместной деятельности ребенка и взрослого [4, 8]. Соответственно, меняется и вклад различных психических процессов в осуществление ВПФ.

Дифференцированность ПФК позволяет предположить, что ее различные отделы созревают гетерохронно. Это подтверждают данные Гогтэй и коллег. [23], свидетельствующие о том, что полюса лобных долей созревают одними из первых (одновременно с первичными зонами коры), а левая ПФК у правшей раньше правой ПФК. Косвенным подтверждением гетерохронности созревания различных элементов системы, обеспечивающей управляющие функции, служат онтогенетические данные, свидетельствующие о разновременном формировании различных компонентов произвольной регуляции деятельности [10, 13].

Как видно из приведенных данных, не только различные компоненты управляющих функций могут обеспечиваться разными отделами ПФК, но и различные операции внутри одного из компонентов — выработки стратегии деятельности.

Целью данного исследования было сопоставление уровня сформированности трех выделенных нами составляющих выработки стратегии деятельности: 1) понимание принципа организации материала задачи; 2) планирование последовательности действий и 3) выбор действия на основе оценки вероятности успеха - у взрослых и детей 8 лет.

Методика. В исследовании приняли участие 19 взрослых здоровых испытуемых (средний возраст 22 года, 9 мес. \pm 2 года, 9 мес.; 13 женщин и 6 мужчин) и 35 здоровых детей 8 лет (средний возраст 8 лет, 5 мес. \pm 4 мес.; 20 девочек и 15 мальчиков). Все взрослые были добровольцами, имеющими высшее или неоконченное высшее образование. Все дети обучались по программе 2 класса общеобразовательной школы. Исследование проводилось с согласия детей и их родителей.

С целью оценки состояния выделенных составляющих процесса выработки стратегии деятельности, были использованы следующие методики:

1. **Копирование сложной фигуры Тэйлора.** [15]. Испытуемому предлагается образец готовой фигуры (см. рис. 1) и его просят скопировать ее на чистый, не разлинованный лист бумаги. Копирование осуществляется цветными карандашами или фломастерами и в процессе копирования исследователь меняет их в порядке следования цветов

радуги. Смена цветов позволяет впоследствии восстановить последовательность копирования. Как показали наши предыдущие исследования [12], наиболее существенным, влияющим на эффективность, этапом при выработке стратегии копирования является учет испытуемым базовой структуры фигуры, отражающий *понимание принципа организации материала*. Точность копирования снижается, если испытуемый сначала уделяет внимание второстепенным деталям.

2. **Лондонская башня.** При решении этой задачи испытуемый должен преобразовать комбинацию из 3 цветных шариков, нанизанных на стержни, в соответствии с образцом за минимальное количество ходов [15, 16, 20]. Для решения этой проблемы необходимо *выстроить план действий*. Отдельные задачи этой серии бывают разными по уровню сложности: простые (решающиеся за 2-3 хода) и сложные (решающиеся за 4-5 ходов) [20].

Эффективность выработки стратегии решения такой задачи оценивалась по количеству попыток, предпринятых испытуемым для ее решения, и по времени, затраченному испытуемым на ее решение. Первый показатель может также отражать способности испытуемого к предварительной (до осуществления попытки решения) проверке эффективности ходов.

В нашем исследовании использовались только сложные варианты заданий. Испытуемому предлагались три задачи. Первая могла быть решена за 4 хода, вторая — за 5 ходов и третья — за 6 ходов. Каждая из 3 задач оценивалась по 3 параметрам: 1) успешность решения задачи, независимо от количества попыток. Этот параметр отражал *способность испытуемого выстроить правильную последовательность действий*; 2) отсутствие неудачных попыток решить задачу. Этот показатель отражает *способность испытуемого спланировать решение задачи в уме и с первого раза правильно выполнить задание*; 3) время решения задачи по сумме попыток. Этот параметр отражает *скоростные характеристики процесса планирования*.

3. **Пересказ текста (рассказ Л.Н. Толстого «Муравей и голубка»).** Наши предыдущие исследования [12] показывают, что для успешного изложения услышанного текста необходимо планирование, выстраивание правильной последовательности причинно-следственных связей в речевом плане. Некоторые испытуемые при пересказе пропускают отдельные события сюжета. Если эти пропуски не связаны с ошибками запоминания и легко восстанавливаются после наводящего вопроса, можно расценивать их как ошибки планирования. Такие ошибки использовались при обработке данных пересказа в качестве показателя наличия / отсутствия трудностей

выстраивания последовательности действий при пересказе рассказа.

Кроме того, мы предположили, что высокая эффективность пересказа не будет достигнута, если испытуемый не учтет основной *принцип организации* текста, а именно, его смысловую основу. Смысловые связи являются одним из вспомогательных средств, позволяющих расширить естественные границы запоминания [5]. Запоминание связанного по смыслу материала страдает как активная мнестическая деятельность при поражении лобных отделов мозга у взрослых, не сопровождаясь выраженными нарушениями механической памяти [9]. Качество передачи смысла при пересказе может служить показателем способности к учету принципа организации материала.

4. **20 вопросов.** Это тест направлен на исследование процесса категоризации и обобщения информации [19]. Также он считается тестом на способность испытуемых (и, в первую очередь, детей) к использованию обратной связи и повторной постановке целей для достижения правильного результата. В оригинале ребенку показывается карта с 42 рисуночными изображениями, которые могут быть сгруппированы в несколько категорий (например, животные, растения и т.д.). Ребенка просят определить, какую картинку загадал экспериментатор, и использовать при этом не более 20 вопросов. Только те вопросы подходят, на которые можно ответить «да» или «нет». Оценивается время, требуемое для отгадывания, и общее число заданных вопросов. К сожалению, согласно данным исследователей [15], возрастных норм выполнения этого теста пока не получено, а протокол проведения существенно варьирует. Задание, тем не менее, позволяет получить качественную информацию о стратегии формирования понятий у ребенка, если распределить заданные им вопросы в несколько категорий. Например, путь высказывания конкретных гипотез, таких как «Это картошка?», неэффективен, так как исключает только одно изображение. Напротив, вопросы, касающиеся свойств объектов, такие как «Это живое?», могут исключить целый ряд возможностей и, таким образом, быстрее привести к результату.

Процесс решения этой задачи включает в себя необходимость *выбора действия на основании оценки вероятности его успеха*. В то же время, описанный в литературе вариант теста, не является достаточно специфичным для исследования этой составляющей процесса выработки стратегии. С одной стороны, испытуемый находится хотя и перед большим, но, все же ограниченным выбором из 42 изображений, и актуализация системы внутренних представлений сводится к выделению признаков объектов и поиску сходств и различий. С другой стороны,

процесс отсечения лишних изображений, может быть во многом обеспечен возможностями зрительно-пространственной рабочей памяти (не памяти на релевантные и нерелевантные признаки, а памяти на пространственное расположение неподходящих объектов).

В связи с этим мы решили предложить испытуемым угадывать некий часто встречающийся в повседневном опыте предмет («тарелка») с помощью вопросов, адресованных исследователю, на которые он мог бы дать ответ «да» или «нет». Мы не оставили для испытуемого возможности выбора из ограниченного числа предъявленных предметов, задача решалась без зрительной опоры. Таким образом, ему требовалась актуализация всей имеющейся у него системы представлений о признаках и свойствах объектов. В этой задаче невозможно заранее спланировать последовательность действий, ведущих к результату, так как каждый последующий вопрос зависит от обратной связи, полученной испытуемым. В то же время, способность с помощью вопроса отсечь максимальное число возможностей, вне зависимости от качества обратной связи, и, тем самым, сузить круг поиска, является важной для выработки успешной стратегии решения этой задачи. Мы подразделили все возможные вопросы на три группы, в зависимости от того, с какой вероятностью ответ на них ведет к успешному продвижению в решении:

- Вопросы с высокой эффективностью касаются основных свойств-противоположностей. Например, такие вопросы как «Это живое?», а так же вопросы о размере, весе, твердости-мягкости и т.д., так как условно все предметы подразделяются на большие – маленькие – средние, тяжелые – легкие, твердые – мягкие. Каждый из таких вопросов, независимо от того, какова будет обратная связь, позволяет отсечь крупные множества объектов.

- Вопросы со средней эффективностью касаются свойств, объединяющих меньшие группы предметов: обобщающих понятий, функциональных свойств объектов и т.д. К таким вопросам могут быть отнесены такие как: «Это может плавать?», «Этим ремонтируют?», «Это мебель?», «Это круглое?».

- Вопросы с низкой эффективностью касаются малых групп объектов или единичных объектов. Например, «На нем нарисованы цифры?», «У него голова как у собаки?», «Это яблоко?» и т.д. Такие вопросы только с очень низкой вероятностью могут привести к успеху в решении задачи.

Возможность задавать такие вопросы, которые с высокой вероятностью будут продвигать решение задачи к успеху предполагает способность оценить эту

вероятность. Доли, в которых представлены в решении вопросы с разной эффективностью были использованы нами при анализе как показатель *способности испытуемого к вероятностной оценке эффективности совершаемого действия*.

Не менее важной способностью, необходимой для выработки успешной стратегии в данном случае, нам представлялась способность воспользоваться закрепленной в языке системой классификации объектов. Каждый объект воспринимается как принадлежащий к множеству (классу) сходных с ним объектов, обозначенному обобщающим понятием («одежда», «цветы», «посуда» и т.д.). Принцип разделения объектов на классы организует наши представления о мире и дает необходимую структуру, опора на которую, на определенном этапе решения задачи «20 вопросов», способствует его быстрому продвижению. В связи с этим, мы расценивали использование испытуемым в вопросах обобщающих понятий, в качестве показателя *способности к учету принципа организации материала* задания.

Принципы количественной оценки выделенных показателей представлены в таблице 1.

Для обработки полученных результатов использовалась статистика хи-квадрат для таблиц сопряженных признаков 2 x 2 (Chi-square test) и непараметрический критерий Манна-Уитни. Оценка осуществлялась с помощью пакета стандартных программ "SPSS 10.5" для Windows 98.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных в исследовании данных показал, что дети 8 лет отличаются от взрослых по *способности к пониманию и учету принципа организации материала*. Оценка этой способности проводилась с помощью трех тестов: копирования сложной фигуры, пересказа текста и задачи «20 вопросов».

Учет принципа организации материала при копировании фигуры Тэйлора мог быть расценен как успешный только в том случае, если копирование основной структуры (см. рис.2) предшествовало копированию второстепенных деталей изображения.

Дети существенно чаще взрослых ($\chi^2 = 21,353$; $p < 0,001$) нарушали такую последовательность копирования, либо начиная копирование деталей до того как была срисована структура, либо вообще не уделяя внимание структуре фигуры (см. рис.3, 4).

При пересказе детям также труднее чем взрослым было учитывать смысловой принцип организации материала рассказа ($\chi^2 = 5,748$; $p = 0,017$). Для части детей смысл не служил опорой, повышающей эффективность запоминания текста (см. рис. 4). В результате, происходили потери существенных частей текста или искажения их содержания.

Пример пересказа рассказа «Муравей и голубка» исп. Н.С., 8 лет:

Образец рассказа: Муравей подполз к ручью напиться воды. Волна его захлестнула, и он стал тонуть. Мимо пролетала голубка. Увидела она что муравей тонет и бросила ему веточку. Муравей ухватился за веточку и спасся.

На следующий день охотник расставил сети и поймал голубку. Когда он вынимал голубку из сетей, муравей подполз и укусил его за руку. Охотник вскрикнул, сеть выронил, голубка вспорхнула и улетела.

Пересказ: Он чуть-чуть не захлебнулся. Голубка пришла... и говорила: «Надо быть аккуратнее. Нельзя так»... Она и улетела. Он стал тонуть, она прилетела, его спасла, он сказал ей спасибо. Она ему помогла и они пошли домой... И он ее пригласил на чай. Потом они попрощались...

Как галка спасла муравья? - Она стала его бить по спине (легко) и он так спасся.

Опора на структуру, какой бы она ни была (зрительной, смысловой и т.д.), при решении задач, является тем средством, которое позволяет повысить эффективность деятельности. В своих трудах Л.С.Выготский продемонстрировал, что опосредованные формы деятельности оказываются доступными ребенку лишь в конце дошкольного возраста [3]. В этот период ребенок становится способным использовать знак в качестве средства внешней организации своих действий. Показано что в старшем дошкольном возрасте, начинается бурное развитие опосредованных форм запоминания [6], изменяется система зрительного восприятия, когда процесс опознания начинает основываться не только на перцептивных, но и на концептуальных характеристиках объекта [14]. В исследовании Руэда [30] показано, что произвольное зрительное внимание в конфликтной стимульной ситуации окончательно формируется к 7 годам. В одной из наших предыдущих работ [13] представлены данные о том, что самостоятельное использование дополнительных средств организации деятельности появляется у детей около 7 лет. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что у детей в 8 лет эта способность еще не окончательно сформирована.

Третий тест, который мы использовали для исследования способности испытуемых учитывать принцип организации материала, была задача «20 вопросов». Мы предполагали, что система классификации объектов, закрепленная в языке, является по крайней мере одной из тех структур, которые испытуемые могли бы использовать для выработки стратегии решения этой задачи. Понятийное мышление начинают активно формировать, начиная с 3-4 лет [11]. Операции с обобщающими понятиями должны быть доступны ребенку, оканчивающему дошкольное образовательное учреждение [11]. Уже в 5 лет, согласно современным нормативам [7], основные понятия должны быть сформированы. Однако житейские понятия ребенка дошкольного возраста не сведены в систему и основываются на

эмпирических связях [2]. Поэтому трудности актуализации обобщающих понятий могут возникать не в результате незнания их ребенком, а как следствие незрелости стоящей за ними системы связей, служащей принципом организации представлений во взрослом возрасте. В то же время, А.Р.Лурия в своих исследованиях [10] показал, что наряду с наглядными, ситуативными понятиями, ребенок младшего школьного возраста начинает использовать и обобщающие понятия, совершая операцию введения предмета в систему известных категорий. Манипулирование этой системой связей как средством, облегчающим поиск, может стать доступно, благодаря способности индивида к учету и использованию принципа организации представлений.

Согласно полученным в исследовании данным, дети 8 лет значительно отличались от взрослых ($\chi^2 = 22,315$; $p < 0,001$) по параметру присутствия в вопросах обобщающих понятий (см. рис. 4). Как видно из рисунка, почти 70% детей не использовали обобщающие понятия в процессе поиска загаданного объекта.

Можно предположить, что отсутствие самостоятельного выбора стратегии, основанной на учете классификации объектов по обобщающему принципу, у детей 8 лет связано с незрелостью мозговых механизмов, обеспечивающих способность учета принципа организации материала. Сэведж и коллеги [31] показали, что спонтанный выбор стратегии семантической кластеризации при запоминании списков слов у взрослых связан с активацией орбитофронтальной коры. Вполне возможно, что именно ее активность позволяет индивиду совершать операции по выделению и дальнейшему учету принципа организации материала задачи, обеспечивая тем самым процессы опосредования, ведущие к повышению эффективности деятельности. Мы не имеем достаточных данных о сроках созревания в онтогенезе орбитофронтальной коры. Однако можем предположить, что это происходит достаточно поздно, в особенности, если учитывать ее тесные связи с дорзолатеральной префронтальной корой [31], которая созревает позже других отделов коры головного мозга [23].

Следующей составляющей процесса выработки стратегии, представлявшей интерес в нашем исследовании, была способность планирования последовательности действий, ведущих к решению задачи. В качестве тестов, позволяющих оценить ее состояние, были использованы пересказ рассказа Л.Н. Толстого «Муравей и голубка» и решение задачи «Лондонская башня». И в том, и в другом случае, для успешного результата испытуемому было необходимо определить порядок шагов: событий рассказа или же перемещения шариков.

Анализ соблюдения последовательности действий при пересказе не показал значимых

различий между группами детей и взрослых ($\chi^2 = 0,152$; $p = 0,697$). Выяснилось, что и дети, и взрослые склонны пропускать некоторые события, которые могут быть легко восстановлены с помощью наводящих вопросов (см. рис. 5).

Пример пересказа испытуемого Г.Е., 26 лет.

Пересказ. Полз муравей по берегу реки. Накатила волна, захлестнула муравья. Муравей начал тонуть. Мимо пролетала голубка. Увидела она, что муравей тонет, схватила веточку, соломинку. Муравей спасся. На следующий день охотник поставил силки. Голубка попалась. Муравей подполз, укусил, спас.

«Зачем муравей полз по берегу реки?» - «Хотел попить».

«Как голубка спасла муравья?» - «Бросила веточку».

«Зачем муравей укусил охотника?» - «Чтобы спасти голубку. Укусит — тот силки выпустит, голубка улетит».

Анализ решения задачи «Лондонская башня» показал, что возрастные группы одинаково эффективно справляются с задачами из 4 и 5 действий. Первую задачу решили все испытуемые, и большинство с первой попытки. Вторую задачу решили 93,8% детей и 100% взрослых. С первой попытки справились с решением 50% детей и 47,4% взрослых. Различия были не существенными (см. табл. 2, 3). На решение задачи в 4 действия дети тратили больше времени, чем взрослые (дети в среднем 37 секунд, взрослые - 22 секунды; $Z=-2,455$, $p=0,014$). При выполнении задачи в 5 действий значимых различий в скорости решения не наблюдалось (дети тратили в среднем 60 секунд, взрослые — 56 секунд; $Z=-0,797$, $p=0,425$).

При решении задачи в 6 действий не все дети, в отличие от взрослых, справились с заданием. Только 78,6% детей смогли решить задачу. С первой попытки задачу решили 7,1% детей и 44,4% взрослых. Различия были значимыми (см. табл.2, 3). Также детям требовалось на решение больше времени, чем взрослым (детям — 91 секунда, взрослым - 50 секунд; $Z=-2,719$, $p=0,007$).

Таким образом, исследование планирования последовательности действий для достижения цели показало, что дети 8 лет в ряде случаев наравне со взрослыми справляются с поставленной задачей. Трудности возникают при возрастании количества требуемых действий. Возможно, эти трудности были связаны с объемом кратковременной памяти детей 8 лет, который ниже, чем у взрослых [1]. По данным авторов, в возрасте 7 лет максимальная длина безошибочно воспроизводимого тестового ряда составляет в среднем 5,4 символа, а в 10 лет — 6,4 символа, что приближается к показателям взрослого человека. В таком случае ребенок просто оказывается не в состоянии удержать в памяти всю последовательность действий, которые ему предстоит выполнить. Это предположение требует дополнительного

исследования.

Таким образом, можно говорить о том, что возможности выстраивания детьми 8 лет и взрослыми последовательности действий, необходимых для решения задачи, имеют ограничения, связанные, по видимому, с количеством требуемых операций, что может быть обусловлено объемом рабочей памяти. При этом сам по себе процесс планирования не имеет в двух группах принципиальных различий. В выстраивании плана действий существенную роль играет кора лобного полюса [17], которая, по данным исследователей, созревает в онтогенезе достаточно рано, одновременно с первичной сенсорной корой [23]. В то же время, процессы, связанные с рабочей памятью, ассоциируются с активностью дорзолатеральной префронтальной коры [20], которая, как уже упоминалось выше, созревает одной из последних [23]. Эти факты позволяют предположить, что мозговые механизмы, обеспечивающие способность к выстраиванию последовательности действий, в 8 лет являются достаточно зрелыми, что и объясняет полученные нами результаты.

Следующий интересующий нас вопрос касался *возможностей* взрослых и детей 8 лет *выбирать действия на основании учета той вероятности, с которой они могут приблизить успешное решение*. Для оценки этой способности мы использовали предложенный нами вариант теста «20 вопросов». Успешность решения этой задачи во многом определяется тем, насколько эффективно испытуемый будет сужать круг поиска, отсеивая группы не подходящих объектов путем вопросов, на которые можно ответить только «да» или «нет». Мы подразделили вопросы на три основные группы, в зависимости от вероятности, с которой они вели к успешному продвижению в решении (см. Методику).

По всем трем группам вопросов были получены значимые возрастные отличия. Взрослые испытуемые чаще задавали вопросы с «высокой» ($Z=-2,363$, $p=0,018$) и «средней» ($Z=-4,309$, $p<0,001$) эффективностью. Также взрослые существенно реже детей использовали вопросы, обладающие «низкой» ($Z=-4,027$, $p<0,001$) эффективностью (см. рис. 6). Успешность решения задачи также была выше у взрослых ($\chi^2=4,902$, $p=0,027$) и напрямую зависела от представленности среди общего числа, вопросов с «высокой эффективностью»: получены достоверные различия по показателю «процент высоко эффективных вопросов» между группами испытуемых, решивших и не решивших задачу ($Z=-3,024$, $p=0,002$). Испытуемые, достигшие успеха, задавали в среднем 38,7%, а испытуемые, не сумевшие найти решение — 18,2% таких вопросов.

Таким образом, частота предпочтения вопросов с «высокой эффективностью» была ниже у детей, и, отчасти благодаря этому, они хуже взрослых справлялись с задачей. Это значит, что им труднее было выработать эффективную стратегию деятельности в этой

ситуации. Данные, представленные на рис.6 свидетельствуют о том, что взрослые предпочитают «высоко эффективные» вопросы, а дети - «низко эффективные» (см. рис.6).

Эта ситуация напоминает результаты выполнения задачи, предложенной Крон и коллег. [18]. Суть задачи состояла в том, что испытуемый должен был выбрать наиболее эффективную стратегию действий в условиях конфликта краткосрочной и долгосрочной перспективы (когда стратегия мгновенного большого выигрыша сулила в дальнейшем проигрыш, и наоборот). Авторы исследовали влияние на выбор стратегии способности предвидеть долгосрочные последствия своих действий и пришли к выводу, что вплоть до 12-летнего возраста способность к предвидению последствий в будущем остается незрелой. Дети 7-12 лет, как и больные с поражением вентромедиальной префронтальной коры, выбирали стратегию, сулящую мгновенный ощутимый результат, несмотря на ее неэффективность в долгосрочной перспективе, то есть оказывались не способными оценить долгосрочные последствия своего выбора.

Вероятно, что в нашем случае мы столкнулись с похожей ситуацией: предпочтения детьми 8 лет стратегии угадывания, которая в случае «попадания» может принести мгновенный положительный результат. В частности, у 15% детей такие «угадывающие» вопросы составляли больше половины всех заданных. Преобладание конкретных, «низко эффективных» вопросов может быть связано с незрелостью лобных отделов мозга. Это предположение подтверждается данными Гарт и коллег [21], которые показали, что дети с поражением лобных долей демонстрировали более высокую частоту вопросов, касающихся конкретных гипотез и псевдо-свойств объектов и низкую частоту более эффективных вопросов, касающихся свойств объектов.

Можно предполагать, что вентромедиальная ПФК, частью которой является орбитофронтальная кора, в этом возрасте является не зрелой и не может обеспечить полноценный выбор действия, основанного на учете его потенциальной эффективности, и, соответственно, не создает устойчивой основы для выработки стратегии при работе с задачами, не имеющими готовых способов решения.

Таким образом, наше исследование показало, что процесс выработки стратегии деятельности у детей 8 лет еще не достигает дефинитивного уровня. При этом, выделенные нами составляющие процесса выработки стратегии деятельности, имеют в возрасте 8 лет различный уровень сформированности. Так, способность к планированию последовательности действий, ведущей к успешному решению, оказывается у детей более зрелой, чем способности понимания принципа организации информации и выбора действия на основе оценки вероятности его успеха. Гетерохрония формирования этих составляющих

может свидетельствовать об их относительной морфо-функциональной независимости.

Полученные данные о развитии различных составляющих выработки стратегии деятельности в 8 лет, рассмотренные с позиции идей Л.С.Выготского, могут быть полезны для организации процесса обучения младших школьников. В работе с ребенком этого возраста можно опираться на его способность самостоятельно справляться с заданиями, требующими выстраивания последовательности действий. В то же время, развитие способностей понимания принципа организации материала задачи и выбора действия на основе прогнозирования его успешности должно происходить в виде развернутых операций в процессе совместной деятельности ребенка и взрослого.

Выводы:

1. Выработка стратегии когнитивной деятельности является сложно организованным процессом, требующим для своего осуществления ряда операций, формирующихся в онтогенезе гетерохронно.
2. Степень развития способности к пониманию и учету принципа организации материала в 8-летнем возрасте существенно отстает от уровня, демонстрируемого взрослыми.
3. Возможность планирования последовательности действий, ведущей к успешному достижению результата, доступна детям 8 лет и ограничена числом входящих в последовательность элементов, которое ниже, чем у взрослых.
4. У детей 8 лет выбор действия на основе оценки вероятности его успеха затруднен по сравнению со взрослыми.

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

Литература:

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). - М., Издательский центр "Академия". - 2002. - 416 с.
2. Выготский Л.С. Мышление и речь // Из кн. "Психология развития человека" - М. : Изд-во Смысл; Эксмо, 2005. - С.665-1017.
3. Выготский Л.С. Орудие и знак в развитии ребенка // Собрание сочинений в 6 томах. - Т.6. – М.: Педагогика. - 1984. - 397 с.
4. Выготский Л.С. Проблема развития и распада высших психических функций // Из кн. "Психология развития человека" - М. : Изд-во Смысл; Эксмо, 2005. - С.547-562.

5. Леонтьев А.Н. Проблемы развития психики. - М.: Изд-во МГУ. - 1972. - 576 с.
6. Леонтьев А.Н. Развитие высших форм запоминания // Избранные психологические труды в двух томах, том 1 / Под ред. В.В. Давыдова, В.П. Зинченко, А.А. Леонтьева, А.В. Петровского. – М.: Педагогика. - 1983. – С. 31-64.
7. Логинова Е.С. Особенности интеллектуального развития у мальчиков и девочек 5-7 лет. Годовой научный отчет старшего научного сотрудника лаборатории психофизиологии Института возрастной физиологии РАО. - 2007. - 44 с.
8. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. - М.: Изд-во МГУ. - 1969. - 504 с.
9. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. - М.: Изд-во МГУ. - 1973. - 375 с.
10. Лурия А.Р. Язык и сознание. – М.: Изд-во МГУ. - 1979. – 319 с.
11. Программа “Воспитание и обучение в детском саду” под ред. М.А. Васильевой. - М.: Просвещение. - 1985.
12. Семенова О.А. Методика оценки функций произвольной регуляции деятельности у детей младшего школьного возраста // Новые исследования (альманах). - 2006. - Том 10, №2. - С.71-98.
13. Семенова О.А., Кошельков Д.А., Мачинская Р.И. Возрастные изменения произвольной регуляции деятельности в старшем дошкольном и младшем школьном возрасте // Ж-л Культурно-историческая психология. – 2007. - №4. – С. 39-49.
14. Фарбер Д.А. Развитие зрительного восприятия в онтогенезе. Психофизиологический анализ // Мир психологии. - 2003. - №2 (34). - С. 114-123.
15. Anderson V. Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations // Pediatric Rehabilitation. – 2001. - Vol. 4, No. 3. - P. 119-136.
16. Berg W.K., Byrd D.L. The Tower of London Spatial Problem-Solving Task: Enhancing Clinical and Research Implementation // Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology. – 2002. - Vol. 24, No. 5. - P. 586-604.
17. Christoff K., Gabrieli J.D.E. The frontopolar cortex and human cognition: Evidence for a rostrocaudal hierarchical organization within the human prefrontal cortex // Psychobiology. - 2000. – Vol. 28(2). – P.168-186.
18. 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. – Vol.11. – P. 245-263.
19. Denny N.W. The use of classification for problem solving: a comparison of middle and old age // Development Psychology. – 1973. – Vol.9. – P. 275-278.

20. Frith Ch., Dolan R. The role of the prefrontal cortex in higher cognitive functions // Cognitive brain research. - 1996. - No. 5 – P. 175-181.
21. Garth J., Anderson V., Wrennall J. Executive functions following moderate to severe frontal lobe injury: impact of injury and age of injury // Pediatric Rehabilitation. – 1997. – No. 1. – P. 99-108.
22. Glosser G., Goodglass H. Disorders in executive control functions among aphasic and other brain damaged patients // Journal of Clinical and experimental Neuropsychology. – 1990. - Vol. 12. - P. 485-501.
23. Gogtay N., Giedd J.N., Lusk L., et al. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood // PNAS. - 2004, May 25. - Vol. 101, No.21. - P. 8174-8179.
24. Koenig Ph., Smith E.E., Glosser G. et al. The neural basis for novel semantic categorization // NeuroImage. – 2005. – Vol. 24. – P. 369-383.
25. Levin B. Organizational deficits in dyslexia: possible frontal lobe dysfunction // Developmental Neuropsychology. – 1990. - No. 6. - P. 95-110.
26. Lezak M.D. Neuropsychological assessment. - New York: Oxford. - 1993.
27. Mateer C.A., Williams P. Effects of frontal lobe injury in childhood // Developmental Neuropsychology. – 1991. - Vol. 7. - P. 69-86.
28. Miller E.K., Cohen J.D. An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function // Annu. Rev. Neurosci., 2001, 24: 167-202.
29. Monchi O., Petrides M., Petre V., et al. Wisconsin Card Sorting Revisited: Distinct Neural Circuits Participating in Different Stages of the Task Identified by Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging // The Journal of Neuroscience. - 2001. - Vol. 21(19). - P. 7733-7741.
30. Rueda M.R., Fan J., McCandliss B.D., Halparin J.D., Gruber D.B., Lercari L.P., Posner M.I. Development of Attentional Networks in Childhood // Neuropsychologia. – 2004. – Vol. 42. – P. 1029-1040.
31. Savage C.R., Deckerbach Th., Heckers St. et al. Prefrontal regions supporting spontaneous and directed application of verbal learning strategies Evidence from PET // Brain. – 2001. – Vol. 124. – P. 219-231.
32. Stuss D.T., Benson D.F. The Frontal lobes. – NY: Raven Press. - 1986.

Подписи к рисункам:

Рис. 1. Фигура Тэйлора.

Рис.2. Последовательная стратегия копирования фигуры Тэйлора (копирование структуры предшествует копированию деталей).

Рис. 3. Хаотичная стратегия копирования фигуры Тэйлора (трудности понимания и учета структуры фигуры).

Рис. 4. Представленность в возрастных группах трудностей учета принципа организации материала (в %).

а) – при копировании фигуры Тэйлора (не учитывание структуры); б) - при пересказе (трудности понимания смысла текста); в) – при выполнении теста “20 вопросов” (отсутствие использования обобщающих понятий).

Рис. 5. Представленность в возрастных группах испытуемых, допускающих пропуски событий, восстанавливаемые с помощью наводящих вопросов (в %).

Рис. 6. Представленность в возрастных группах вопросов с разной эффективностью (тест «**20 вопросов**», в %).

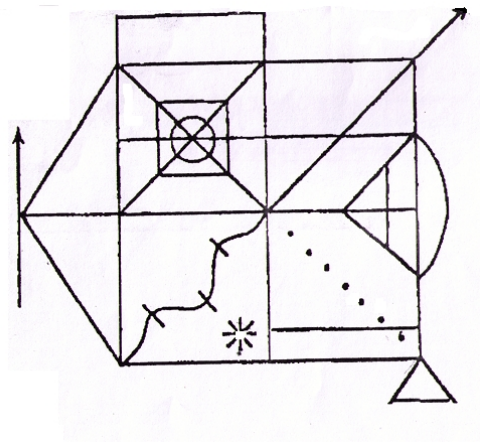


Рис. 1. Фигура Тэйлора

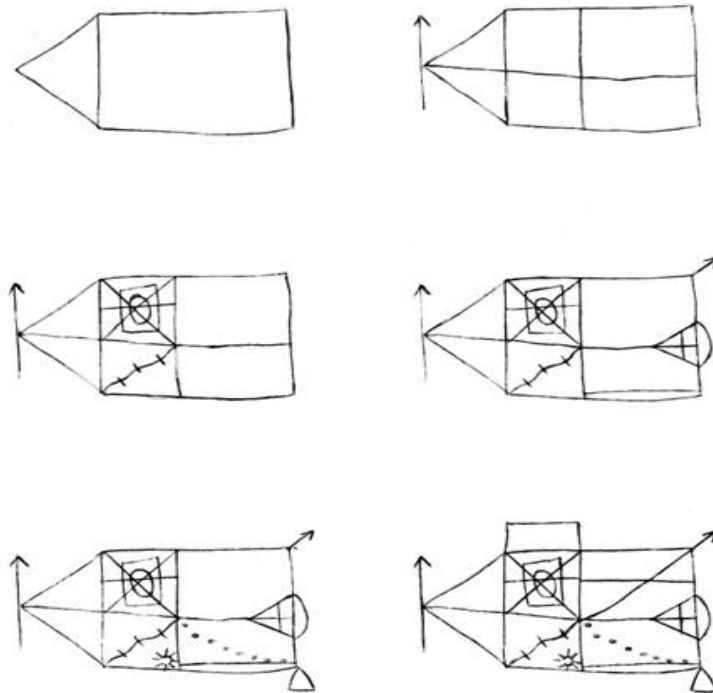


Рис.2. Последовательная стратегия копирования фигуры Тэйлора (копирование структуры предшествует копированию деталей)

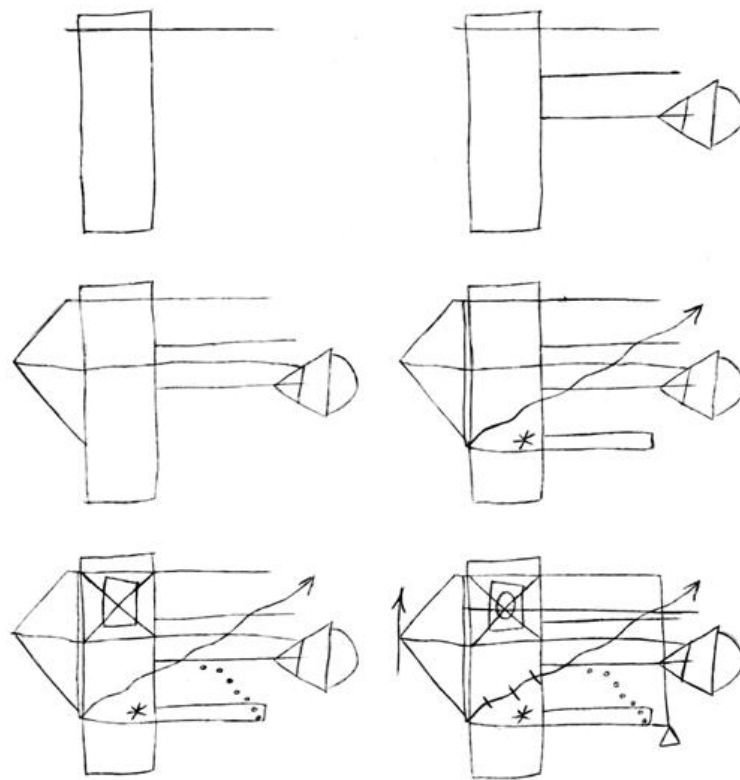


Рис. 3. Хаотичная стратегия копирования фигуры Тэйлора (трудности понимания и учета структуры фигуры)

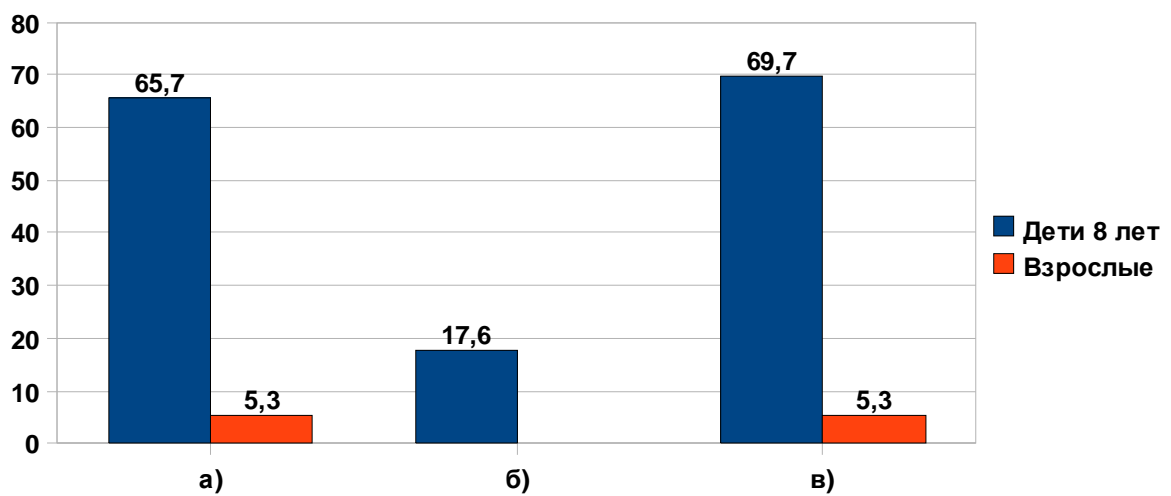


Рис. 4. Представленность в возрастных группах трудностей учета принципа организации материала (в %).

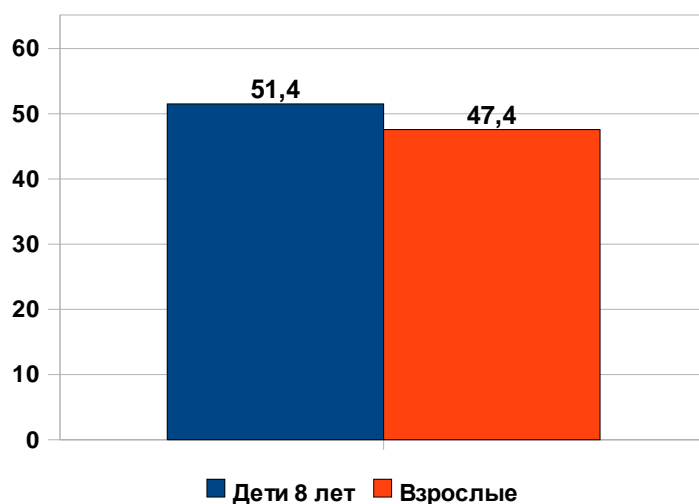


Рис. 5. Представленность в возрастных группах испытуемых, допускающих пропуски событий, восстанавливаемые с помощью наводящих вопросов (в %).

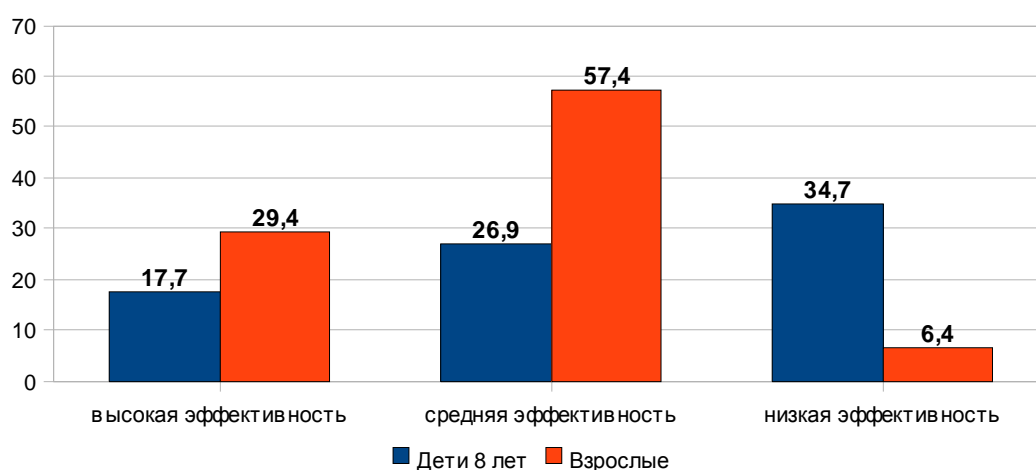


Рис. 6. Представленность в возрастных группах вопросов с разной эффективностью (тест «20 вопросов», в %)

Табл. 1. Принципы количественной оценки результатов выполнения тестов.

| Оцениваемый показатель | Количественная оценка | |
|---|--|---|
| 1. Понимание принципа организации материала при копировании фигуры Тэйлора | 0 — копирование структуры предшествует копированию второстепенных деталей | 1 — копирование деталей предшествует копированию структуры или структура отсутствует |
| 2. Понимание принципа организации материала при пересказе текста | 0 — нет трудностей понимания смысла текста | 1 — есть трудности понимания смысла текста |
| 3. Понимание принципа организации материала при решении задачи «20 вопросов» | 0 — наличие вопросов, включающих обобщающие понятия | 1 — отсутствие вопросов, включающих обобщающие понятия |
| 4. Способность выстраивания последовательности действий при решении задачи «Лондонская башня» (решенность задачи) | 0 — задача решена | 1- задача не решена |
| 5. Способность выстраивания последовательности действий при решении задачи «Лондонская башня» (наличие неудачных попыток) | 0 — задача решена с 1 попытки | 1 — имеются неудачные попытки решения задачи |
| 6. Способность выстраивания последовательности действий при пересказе текста | 0 — отсутствие пропусков событий повествования | 1 — наличие пропусков событий повествования, восстановимых с помощью наводящих вопросов |
| 7. Способность к оценке вероятности эффективности действия при решении задачи «20 вопросов» | Доли вопросов с высокой, средней и низкой эффективностью в ответах испытуемого | |

Табл. 2. Различия в успешности решения задачи «Лондонская башня» между взрослыми и детьми 8 лет.

| | Задача в 4 действия | | | Задача в 5 действий | | | Задача в 6 действий | | |
|------------|---------------------|----------|---|---------------------|----------|-------|---------------------|----------|--------|
| | % решивших | χ^2 | p | % решивших | χ^2 | p | % решивших | χ^2 | p |
| Взрослые | 100 | - | - | 100 | 1,913 | 0,167 | 100 | 6,527 | 0,011* |
| Дети 8 лет | 100 | | | 93,8 | | | 78,6 | | |

* - $p < 0,05$

Табл. 3. Различия в успешности решения задачи «Лондонская башня» с первой попытки между взрослыми и детьми 8 лет.

| | Задача в 4 действия | | | Задача в 5 действий | | | Задача в 6 действий | | |
|------------|---------------------|----------|-------|---------------------|----------|-------|---------------------|----------|---------|
| | % решивших | χ^2 | p | % решивших | χ^2 | p | % решивших | χ^2 | p |
| Взрослые | 78,9 | 0,717 | 0,397 | 47,4 | 1,677 | 0,195 | 44,4 | 9,029 | 0,003** |
| Дети 8 лет | 87,9 | | | 50,0 | | | 7,1 | | |

** - $p < 0,005$