

## ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ РЕЧЕВОЙ СИСТЕМЫ И ИХ СВЯЗЬ С СОСТОЯНИЕМ УПРАВЛЯЮЩИХ ФУНКЦИЙ МОЗГА У СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ

© 2023 г. М. Н. Захарова<sup>1, 2, 3, \*</sup>, А. Р. Агрис<sup>2, 3, 4</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва, Россия

<sup>2</sup>Многопрофильный психологический центр “Территория Счастья”, Москва, Россия

<sup>3</sup>ЧОУ ДПО “Институт возрастной нейропсихологии”, Москва, Россия

<sup>4</sup>Институт общественных наук ФГБОУ ВО Российская академия народного хозяйства и государственной службы, Москва, Россия

\*E-mail: zmn@idnps.ru

Поступила в редакцию 17.11.2022 г.

После доработки 21.01.2023 г.

Принята к публикации 31.01.2023 г.

Управляющие функции мозга (УФ) играют очень важную роль в различных аспектах развития ребенка, осуществляя контроль когнитивных процессов и поведения. Развитие речи также является одной из важнейших задач дошкольного детства и важным предиктором успешности обучения в школе. Как классические, так и современные исследования подчеркивают наличие связи между этими функциями. С целью исследования данной связи было проведено сравнительное нейропсихологическое исследование детей 5–6 ( $n = 61$ , средний возраст –  $5.67 \pm 0.33$  лет) и 6–7 лет ( $n = 117$ , средний возраст –  $6.67 \pm 0.29$  лет) с дополнительной оценкой речевой функции и ее компонентов (фонематическое восприятие, слухоречевая память, серийная организация моторной программы, лексический и грамматический уровни, планирование высказывания). Были обнаружены *возрастные* различия по ряду параметров: объем слухоречевой памяти ( $p \leq 0.002$ ), лексическое ( $p = 0.031$ ) и грамматическое ( $p = 0.008$ ) оформление речи, планирование высказывания ( $p < 0.001$ ), понимание логико-грамматических конструкций ( $p < 0.001$ ). Связь речевой системы с уровнем развития УФ нарастает с возрастом от 5–6 к 6–7 годам и особенно заметна для различных сторон связной речи (планирование высказывания, его грамматическое и в меньшей степени – лексическое оформление), слухоречевой памяти и вербально-логического мышления; для процессов фонематического восприятия, серийной организации моторной программы и понимания логико-грамматических конструкций эта связь выражена меньше и касается только отдельных показателей, но также присутствует. Данные исследования могут использоваться для эффективного планирования программы развития и коррекции речи в старшем дошкольном возрасте с опорой на формирование процессов произвольной регуляции, а также для развития процессов планирования и контроля с учетом необходимости работы при этом также и с различными компонентами речевой системы.

**Ключевые слова:** управляющие функции мозга, рабочая память, тормозный контроль, когнитивная гибкость, дошкольный возраст, нейропсихология, речь, фонематическое восприятие, слухоречевая память, серийная организация речи, лексика, грамматика, планирование высказывания.

**DOI:** 10.31857/S0131164622600914, **EDN:** GBNKMC

Управляющие функции (УФ) или, в отечественной терминологии – функции планирования, избирательной регуляции и контроля деятельности [1, 2], – процессы, являющиеся нейрокогнитивной базой произвольной целенаправленной регуляции человеком собственной активности и поведения. В составе УФ выделяют такие компоненты, как рабочая память (РП), подавление импульсивных или привычных действий и переключение между когнитивными задачами – когнитивная гибкость [3, 4]. Мозговой основой УФ

является высокоуровневая фронто-цингуло-париетальная сеть, т.е. сложные нейронные ансамбли различных кортикальных и субкортикальных отделов [5, 6]. Состояние УФ значимо связано с ключевыми показателями когнитивного, социального и психического развития [3] и с успешностью школьного обучения, являясь предиктором этих успехов у дошкольников [7, 8]. В этой связи актуальными становятся вопросы о том, какие факторы и процессы влияют на формирование УФ

в онтогенезе, а также каковы особенности структуры УФ в различных возрастах.

Развитие УФ протекает длительно и сложно. В нем созревание обеспечивающих эти процессы мозговых структур тесно переплетено с влиянием получаемого ребенком опыта, без которого невозможно формирование мозговых механизмов УФ. Отдельные исследования демонстрируют улучшение с возрастом всех трех компонентов УФ (торможения, РП и переключения), несмотря на различия в траектории их развития [9]. Один из скачков в этом процессе происходит в дошкольном возрасте [10, 11]. От нормативной непосредственности и спонтанности младшего дошкольника поведение ребенка при этом движется к контролируемому и спланированному сначала за счет помощи взрослых, а потом и усилиями самого ребенка в старшем дошкольном возрасте. В культурно-деятельностном отечественном подходе к развитию ключевой для этого функцией считается речь — согласно Л.С. Выготскому [12], она представляет собой инструмент опосредования (опосредствования) высших психических функций (ВПФ), т.е. средство (“психическое оружие”), с помощью которого работа ВПФ становится произвольно регулируемой внешними для ребенка или уже его собственными командами и инструкциями. В этом же подходе, разделяемом и отечественными нейропсихологами, речь рассматривается как сложная функциональная система, состоящая из многих компонентов, каждый из которых связывается в том числе с работой определенных мозговых механизмов [13]. В этой связи для современных нейрокогнитивных исследований актуальным является вопрос рассмотрения степени связи уровня зрелости УФ и различных компонентов речевой системы в старшем дошкольном возрасте. Так, в обзоре А. Shokrkon и E. Nicoladis [14] описывается три возможных направления связи между УФ и развитием речи на протяжении детства:

1) влияние УФ на функционирование речи (сосредоточение на релевантной информации с игнорированием нерелевантной, удержание внимания на используемой взрослым лексике и синтаксисе для их запоминания, возможность быть более гибким при применении вариативных языковых правил или исключений из них (например, правильного употребления омонимов в определенном контексте), обогащение словаря благодаря эффективной РП и развитию тормозного контроля),

2) влияние речи на развитие УФ (речевая регуляция важна для отслеживания инструкций, постановки и удержания как текущей цели, так и последовательности действий, язык необходим для формирования и использования структуры

правил, регулирующих наше поведение и осуществляемые нами выборы),

3) взаимовлияние УФ и речи друг на друга (способность понимать более сложные с точки зрения лексического и грамматического оформления речевые конструкции позволяет детям действовать РП, когнитивную гибкость и тормозный контроль для регуляции своего поведения, а последние влияют на возможность удержания и контроля не только своих действий, но и мыслей, в том числе внутренней речи).

Целью данного исследования стало описание различий в состоянии ряда компонентов речевой системы (фонематическое восприятие, слухоречевая память, серийная организация моторной программы, лексический и грамматический уровни организации речи, планирование связного речевого высказывания, понимание логико-грамматических конструкций) у старших дошкольников в зависимости от сформированности у них УФ, или процессов планирования, избирательной регуляции и контроля деятельности.

## МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 178 дошкольников обоих полов (87 мальчиков и 91 девочка), посещавших дошкольные образовательные учреждения. Вся выборка была разделена на две возрастные группы: 1) дети 6–7 лет (средний возраст — 6 лет 8 мес.  $\pm$  3.5 мес.), посещавшие подготовительную группу ( $n = 117$ , 58 мальчиков, 59 девочек), и 5–6 лет (средний возраст — 5 лет 8 мес.  $\pm$  4 мес.), посещавшие старшую группу детского сада ( $n = 61$ , 29 мальчиков, 32 девочки).

Для оценки **сформированности УФ** использовали *фронтальное* исследование, которое включало в себя следующие тесты:

— *Реакция выбора*: проба направлена на оценку возможностей следования речевой инструкции, подавления непосредственных реакций, переключения между программами.

— *Графомоторная проба* направлена на исследование возможностей усвоения и удержания двигательной программы при графическом предъявлении образца, переключения с одного элемента программы на другой.

— Проба “*Нахождение различий*” позволяет оценить избирательное зрительное внимание, возможности его распределения и переключения с одного изображения на другое.

— *Корректурная проба* направлена на анализ способности удержания внимания на монотонной задаче, распределения внимания на поиск сразу двух стимулов и переключения с одного правила на другое.

— Проба “*Зоопарк*” позволяет оценить эффективность зрительно-пространственной РП.

– Проба “*Следование по маршруту*” направлена на анализ возможностей удержания программы, планирования следующего действия, подавления непосредственных реакций.

– Проба “*Лабиринты*” направлена на оценку возможностей формирования стратегии деятельности и подавления непосредственных реакций.

– Проба “*Шифровка*” позволяет исследовать эффективность произвольного внимания, включая его избирательность, возможности переключения и длительного удержания в ходе выполнения монотонного задания.

– Проба “*Копирование трехмерного изображения*” (рисунок “Дом, дерево, забор”) позволяет оценить возможности планирования и создания стратегии копирования с опорой на аналитические и целостные компоненты восприятия.

Часть описанных проб используется при групповой нейропсихологической диагностике [15], часть была взята из методики традиционного нейропсихологического обследования детей [16], отдельные пробы были разработаны специально для данного исследования, однако их аналоги с успехом используются в коррекционно-развивающем обучении. Фронтальную диагностику проводил один специалист в группе 5–12 чел. с участием 2–3 ассистентов, которые оказывали индивидуальную помощь детям с трудностями усвоения инструкций и фиксировали различные поведенческие проявления в виде импульсивности или эмоциональных реакций, неадекватных ситуации обследования. Оценка результатов выполнения нейропсихологических проб проводили по схеме, позволяющей наиболее полно реализовать цель исследования и предложенной О.А. Семеновой [17, 18], на основе которой было выделено четыре интегральных показателя:

– дефицит функций программирования (среднее показателей трудностей усвоения инструкций/алгоритмов и создания стратегии деятельности),

– дефицит избирательной регуляции (среднее показателей трудностей преодоления импульсивных (непосредственных) реакций, переключения с одного действия на другое, переключения с одной программы на другую, трудностей устойчивого поддержания усвоенной программы),

– дефицит произвольного контроля собственной деятельности,

– общий показатель дефицита УФ (среднее показателей дефицитов программирования, избирательной регуляции и контроля).

Для оценки состояния **речевой функции** проводили индивидуальное обследование, которое включало следующие задания:

– Проба “*Запоминание 2 групп по 3 слова*” направлена на оценку фонематического восприя-

тия, возможностей звукопроизношения, а также непроизвольного и произвольного запоминания.

– Проба “*Составление рассказа по серии сюжетных картинок*” (на материале картинок Н. Радлова “Кошка и кактус”) позволяет оценить возможности ориентировки в ситуации и ее осмысления, планирования связного речевого высказывания, грамматическое и лексическое оформление высказываний.

– Проба “*Скороговорки*” (повторение четырех скороговорок, отличающихся количеством слов и звуковым составом) направлена на анализ особенностей звукопроизношения, возможностей переключения (со звука на звук, со слога на слог, со слова на слово) и запоминания.

– Проба “*Понимание логико-грамматических конструкций*” позволяет исследовать понимание активных и пассивных конструкций с прямым и обратным порядком слов.

Большая часть параметров оценки нейропсихологических проб, вошедших в интегральные показатели несформированности тех или иных компонентов, представляет собой систему штрафных баллов: минимальная оценка соответствует наилучшему выполнению, а максимальная – наихудшему. При оценке речевой функции часть оценок также являлись штрафными баллами, а часть – были показателями продуктивности. При обработке данных использовали пакет статистических программ SPSS 28.0. Для оценки значимости возрастных изменений анализируемых нейропсихологических показателей применяли непараметрический критерий Манна–Уитни ( $U$ ), для оценки корреляционных связей – коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возрастные изменения эффективности **слухоречевой памяти** были обнаружены при анализе всех воспроизведений, кроме отсроченного, где изменения носили лишь характер тенденций (табл. 1). При этом дети обеих групп допускали разнообразные ошибки по типу изменений одного согласного (клин–“клин”, “крин”) или гласного звука (рама–“рома”), искажения слова (замены 2 и более звуков: холод–“хлама”), замены слова на близкое по звучанию (клин–“клен”, гость–“кость”) или значению (гость–“друг”, холод–“мороз”), однако значимые различия между группами были выявлены лишь в отношении ошибок по типу пропусков слов ( $U = 2563.0$ ,  $p = 0.002$ ) и вpletений ( $U = 2313.0$ ,  $p = 0.003$ ), которые чаще делали дошкольники 5–6 лет.

Продуктивность практически всех видов воспроизведений оказалась связана с показателем дефицита УФ – исключение составил в возрасте 5–6 лет параметр первого воспроизведения (дан-

**Таблица 1.** Продуктивность воспроизведения слов при запоминании двух групп по три слова

| Параметр                    | Группа | Минимум | Максимум | Среднее значение | Стандартное отклонение | Корреляции с показателем дефицита УФ | Межгрупповые различия |
|-----------------------------|--------|---------|----------|------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| 1 воспроизведение           | 5–6    | 0       | 5        | 1.84             | 1.19                   | $r = -0.260, p = 0.007$              | $U = 2270.0$          |
|                             | 6–7    | 0       | 6        | 2.41             | 1.17                   |                                      | $p = 0.002$           |
| 2 воспроизведение           | 5–6    | 0       | 6        | 2.97             | 1.42                   | $r = -0.290, p = 0.027$              | $U = 2304.5$          |
|                             | 6–7    | 0       | 6        | 3.80             | 1.56                   | $r = -0.229, p = 0.018$              | $p = 0.002$           |
| 3 воспроизведение           | 5–6    | 0       | 6        | 3.32             | 1.61                   | $r = -0.327, p = 0.012$              | $U = 2269.0$          |
|                             | 6–7    | 1       | 6        | 4.19             | 1.43                   | $r = -0.352, p < 0.001$              | $p = 0.001$           |
| Отсроченное воспроизведение | 5–6    | 0       | 6        | 3.32             | 1.61                   | $r = -0.396, p = 0.003$              | $U = 2701.5$          |
|                             | 6–7    | 0       | 6        | 3.29             | 1.61                   |                                      | $p = 0.088$           |

ный параметр оценивает продуктивность непроизвольного запоминания, т.к. ребенку не давалась задача запомнить слова, а лишь повторить, инструкция вспомнить все повторенные им слова оказывалась неожиданной для детей), а в возрасте 6–7 лет – отсроченного (где требуется вспомнить слова после интерферирующего воздействия в виде задания на порядковый и избирательный счет). Более подробный анализ корреляционных связей не только интегрального показателя дефицита УФ, но и входящих в его состав показателей трудностей программирования, избирательной регуляции и контроля позволил обнаружить взаимосвязь продуктивности первого воспроизведения в возрасте 5–6 лет с трудностями контроля ( $r = -0.338, p = 0.010$ ), а в возрасте 6–7 лет с трудностями программирования ( $r = -0.213, p = 0.028$ ) и избирательной регуляции ( $r = -0.246, p = 0.011$ ). Продуктивность отсроченного воспроизведения оказалась связанной в 5–6 лет со всеми компонентами дефицита УФ – трудностями программирования ( $r = -0.396, p = 0.002$ ), избирательной регуляции ( $r = -0.370, p = 0.004$ ) и контроля ( $r = -0.290, p = 0.027$ ), а в 6–7 лет – с трудностями программирования ( $r = -0.200, p = 0.040$ ) и избирательной регуляции ( $r = -0.196, p = 0.044$ ). На увеличение объема запоминаемого на слух материала с возрастом указывает и возможность более старших детей продуктивнее повторять (давалось от 1 до 3 попыток) наиболее длинную скороговорку ( $U = 2091.0, p = 0.044$ ), состоящую из 9 слов: в возрасте 6–7 лет 24.6% детей справились с этим заданием, а в 5–6 лет только 9.3%, причем с интегральным показателем дефицита УФ данный параметр оказался связанным лишь в старшей возрастной группе ( $r = -0.252, p = 0.007$ ).

Оценка **фонематического восприятия** осуществлялась на основе анализа трех продуктивностей повторения двух групп по три слова. В каждом повторении дети из обеих групп называли около 5 слов (в среднем от 4.8 до 5.3) и не различались

статистически ни по параметрам продуктивности, ни по количеству ошибок (изменения одного согласного или гласного, искажения слов), что позволяет предположить отсутствие настолько же значимой динамики в развитии фонематического восприятия на данном возрастном этапе, какая свойственна для описанной выше слухоречевой памяти. Важно отметить, что интегральный показатель дефицита УФ оказался связанным с продуктивностью первого ( $r = -0.254, p = 0.009$ ), второго ( $r = -0.218, p = 0.026$ ) и третьего ( $r = -0.198, p = 0.042$ ) повторения лишь в возрасте 6–7 лет. В то же время в пробе на повторение скороговорок отмечались межгрупповые различия в отношении количества ошибок по типу изменения одного согласного звука ( $U = 1673.0, p = 0.027$ ) и искажения (множественных изменений) звукового состава слов ( $U = 1599.0, p = 0.025$ ), которые чаще встречались в группе детей 5–6 лет. Потенциально такие ошибки могут быть связаны с трудностями фонематического восприятия, но в ряде случаев могут идти и от проблем серийной организации движений (из-за которых звуковая структура может меняться по причине, к примеру, упрощения или повторов элементов моторной программы; более подробно об этом компоненте речевой системы см. далее); кроме того, некоторые ошибки замены звуков могут быть обусловлены и ошибками звукопроизношения (в том числе замена звуков, близких по способу произношения, что может указывать на слабость переработки кинестетической информации от органов артикуляционного аппарата). Данные типы ошибок связи с показателями УФ не обнаружили.

Продолжая анализ выполнения детьми пробы на повторение скороговорок, важно отметить возрастные изменения **серийной организации моторной составляющей устной речи** (плавности переключения от одного компонента моторной программы (звука, слога, слова) к другому): при



Рис. 1. Возможности планирования рассказа у старших дошкольников.

повторении скороговорок дети 5–6 лет делали значимо больше ошибок антиципаций ( $U = 1165.5, p < 0.001$ ), персевераций ( $U = 425.5, p < 0.001$ ), пропусков звуков ( $U = 1146.0, p < 0.001$ ), перестановок звуков ( $U = 1850.0, p = 0.039$ ) и слогов ( $U = 1593.5, p = 0.004$ ), которые чаще инертно повторялись от воспроизведения к воспроизведению ( $U = 1386.0, p < 0.001$ ). Связь с общим уровнем развития УФ состояния серийной организации моторной программы речевого высказывания оказалась наименьшей — она показана для продуктивности в 3 субтесте (в 6–7 лет:  $r = -0.253, p = 0.007$ ; в 5–6 лет:  $r = -0.520, p < 0.001$ ), состоящем из 5 слов и включающем слова с шипящими и свистящими звуками, и для ошибок по типу искажений звукового состава слов и замен согласных.

При составлении рассказа по серии картинок от 5–6 к 6–7 годам значимо улучшались возможности **планирования** рассказа ( $U = 1493, p < 0.001$ ): 13.2% детей старшей возрастной группы составили законченный рассказ с точной и правильной последовательностью основных смысловых единиц и наличием связующих звеньев, а 49.1% пропускали лишь отдельные смысловые единицы или связующие звенья, могли делать необоснованные повторы связующих слов; в возрасте 5–6 лет большая часть детей (60.4%) пропускала целые смысловые звенья в рассказе, допускала смысловые повторы и даже разрывы в повествовании (рис. 1). При этом способности к последовательному планированию рассказа оказались связанными с отдельными параметрами компонента избирательной регуляции, причем если в 5–6 лет это была возможность устойчивого поддержания программы деятельности ( $r = 0.338, p = 0.035$ ), то в 6–7 лет — и устойчивое поддержание программ ( $r = 0.196, p = 0.037$ ), и возможность переключения с программы на программу ( $r = 0.195, p = 0.039$ ).

Возрастные изменения отмечались и в отношении **грамматического оформления** рассказа ( $U = 1675, p = 0.008$ ):

- 21.9% детей 6–7 лет и лишь 10.7% детей 5–6 лет строили грамматически правильно оформленный рассказ с использованием разнообразных грамматических конструкций;

- у 44.6% детей 6–7 лет и 37.6% детей 5–6 лет отмечались короткие предложения и/или однообразие синтаксических структур или нарушения порядка слов при грамматически правильном оформлении рассказа;

- единичные аграмматизмы и использование исключительно коротких предложений было отмечено у 30.7% младших дошкольников и у 37.6% — старших (увеличение средней длины фразы с возрастом ( $U = 1488.0, p = 0.037$ ) оценивалось отдельно);

- наконец, множественные синтаксические ошибки (в том числе пропуск глагольного сказуемого) отмечались лишь у 2.8% детей 6–7 лет и 14.1% детей 5–6 лет.

Грамматическое оформление рассказа в 5–6 лет оказалось связанным с возможностью усвоения программ ( $r = 0.342, p = 0.033$ ), а в 6–7 лет — с возможностью переключаться с программы на программу ( $r = 0.220, p = 0.029$ ), устойчиво удерживать усвоенную программу ( $r = 0.217, p = 0.021$ ) и контролем за своей деятельностью и ее результатами ( $r = 0.226, p = 0.016$ ).

Параметр **лексического оформления** рассказа (рис. 2) также продемонстрировал изменения при переходе от 5–6 к 6–7 годам ( $U = 1796.5, p = 0.031$ ), что выражалось в адекватном использовании третьей детей старшей возрастной группы (35.9%) лексических средств при составлении рассказа по сюжетным картинкам, либо в 43% случаев поиском слов или единичными близкими вербальными заменами. Интересно отметить, что

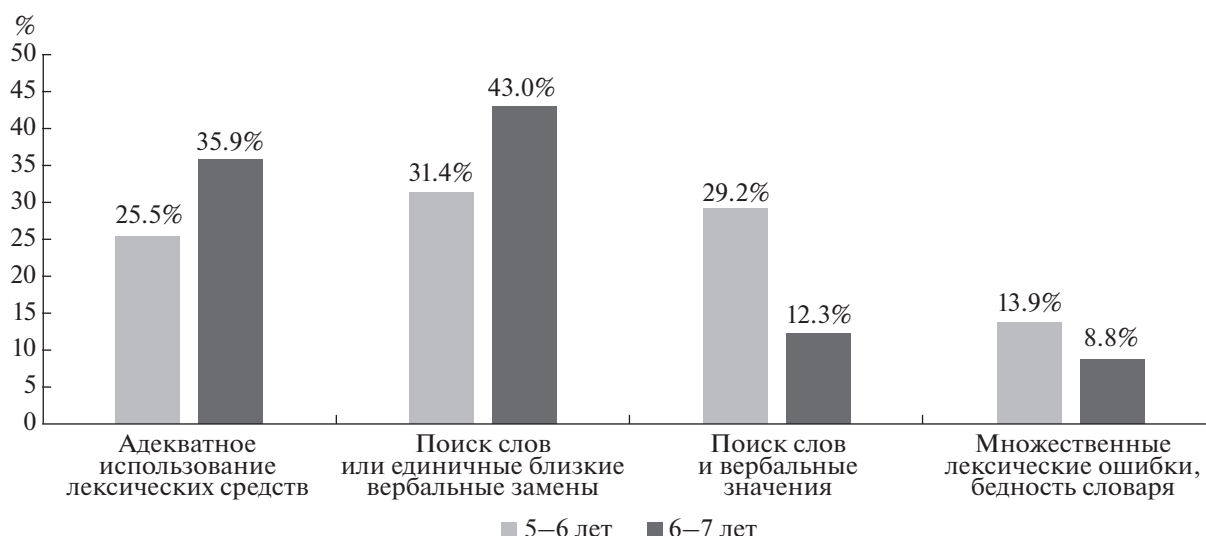


Рис. 2. Возможности лексического оформления рассказа у старших дошкольников.

лексическое оформление рассказа в 5–6 лет оказалось связано лишь с отдельными параметрами УФ (способностью усваивать инструкции и алгоритмы деятельности ( $r = 0.402$ ,  $p = 0.011$ ), переключаться с действие на действие ( $r = 0.346$ ,  $p = 0.031$ ) и с программы на программу ( $r = 0.379$ ,  $p = 0.017$ )), а в 6–7 лет – с интегральными показателями программирования ( $r = 0.295$ ,  $p = 0.002$ ), избирательной регуляции ( $r = 0.199$ ,  $p = 0.035$ ) и контроля ( $r = 0.211$ ,  $p = 0.025$ ).

Задание на составление рассказа по серии сюжетных картинок позволило продемонстрировать и положительную динамику в сфере мышления: более старшие дети лучше понимали смысл случившегося ( $U = 1614.5$ ,  $p = 0.005$ ) и более полно излагали его в рассказе ( $U = 1689.0$ ,  $p = 0.010$ ), реже показывали искажения в его интерпретации ( $U = 1697.5$ ,  $p = 0.011$ ). При этом в 5–6 лет была обнаружена лишь связь показателя понимания смысла с контролем за деятельностью ( $r = 0.383$ ,  $p = 0.016$ ), а в 6–7 лет понимание смысла оказалось связано как с интегральным показателем состояния УФ ( $r = 0.276$ ,  $p = 0.003$ ), так и с входящим в его состав показателем избирательной регуляции ( $r = 0.285$ ,  $p = 0.002$ ), тогда как искажения в интерпретации событий – с избирательной регуляцией ( $r = 0.227$ ,  $p = 0.016$ ).

Точность понимания логико-грамматических конструкций увеличивалась с возрастом ( $U = 1239.5$ ,  $p < 0.001$ ), при этом наибольшие различия касались понимания активных ( $U = 1283$ ,  $p < 0.001$ ) и пассивных ( $U = 1504$ ,  $p = 0.017$ ) конструкций с обратным порядком слов. Интересно отметить, что корреляционные связи всех трех показателей были обнаружены лишь для возраста 6–7 лет и лишь для показателя трудностей переключения с программы на программу (с точностью понимания

( $r = -0.294$ ,  $p < 0.001$ ); с ошибками понимания активных ( $r = 0.232$ ,  $p = 0.010$ ) и пассивных ( $r = 0.204$ ,  $p = 0.024$ ) конструкций).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в исследовании результаты можно проанализировать в двух направлениях – возрастной динамики исследуемых компонентов речевой системы и связи этих компонентов с развитием УФ в двух разных возрастных группах. Значимые **возрастные изменения** можно проследить практически у всех сторон речи старших дошкольников. От 5–6 к 6–7 годам у детей заметно растет объем **слухоречевой памяти** (связанной с работой височных отделов коры больших полушарий [1, 13]) с уменьшением при запоминании числа грубых ошибок (пропусков и вpletений), что видно и по заучиванию отдельных слов (по объему первого непосредственного и двух последующих произвольно регулируемых воспроизведений слов), и по запоминанию фраз-скаороговорок (по повышению продуктивности повторения самой длинной скаороговороки в 6–7 лет) – таким образом, у детей не просто увеличивается объем механической памяти, но и растут возможности работать с семантически организованным материалом. Улучшаются показатели связной речи: растет качество **планирования высказывания** (рассказ становится более последовательным и полным, снижается число пропусков и повторов смысловых звеньев) и его **грамматико-синтаксического оформления** (предложения становятся более длинными и развернутыми, разнообразными по структуре, уменьшается число аграмматизмов). Важно отметить, что планирование и грамматическое оформление связаны с точки зрения

нейролингвистики [13] с работой передних (лобных) отделов коры, которые входят и в систему мозгового обеспечения управляющих функций [1, 5, 6]. **Лексическое оформление** своего высказывания (связанное уже с задними отделами коры — с височно-затылочной областью [13]) также улучшается в этот период — в 6–7 лет дети успешнее выбирают адекватные лексические средства, делают меньше ошибочных подборов слов, реже демонстрируют поиск слов. Важно, что такой связанный с речью и порой даже тяжело отделимый от нее в диагностических процедурах процесс, как **вербально-логическое мышление**, также показывает в этот возрастной период положительную динамику: более старшие дети лучше понимают смысл рассказа, более полно передают его в своей речи и меньше допускают ошибок по типу искажения смысла. В звене **серийной организации моторной программы** (с мозговой точки зрения оно обеспечивается работой заднелобных отделов [1, 13]) также отмечаются прогрессивные изменения, за счет которых уменьшается число разнообразных ошибок (антиципаций, персевераций, пропусков, перестановок звуков и слогов и их инертных повторов) в сложных с моторной точки зрения фразах-скороговорках. Улучшается от 5–6 к 6–7 годам и понимание **логико-грамматических конструкций** (особенно это заметно по конструкциям с активным и пассивным залогом с обратным порядком слов<sup>1</sup>, нетипичным для устной разговорной речи), требующее достаточной зрелости квазипространственных представлений и работы теменно-височно-затылочных отделов коры [13]. Исключение составляет **фонематическое восприятие**, связанное с височной корковой областью [1]: в нем возрастные изменения можно проследить только по снижению числа ошибок по типу искажений звукового состава слов и замен согласных в скороговорках, причем, как уже отмечалось выше, это может объясняться и изменениями в серийном (см. выше) и/или кинестетическом (продуктом работы теменных отделов коры [1]) звене речевой моторики (за счет улучшения звукопроизношения и переключения от одного звука к другому). По всей видимости, в этом возрасте данный компонент речевой системы развивается менее активно, что подтверждает современные представления о гетерохронности развития психических и мозговых систем в детском возрасте с неодновременным созреванием всех компонентов и наличием у каждого из них периодов интенсивного роста и более медленных преобразований [10, 19].

<sup>1</sup> Примером активного залога с обратным порядком слов может быть фраза “Мальчика вытаскивает девочка”, пассивного залога с обратным порядком — “Трактором перевозится машина”.

Целый ряд исследований подтверждают взаимосвязь между языковыми способностями (от беглости и выразительности до оформления предложений) и УФ [6, 20]. В связи с этим второе направление данного исследования заключалось в изучении **связи отдельных компонентов речевой системы с состоянием УФ** в двух разных возрастных группах. Для большинства компонентов речи структура связей в 5–6 и в 6–7 лет различалась. Так, в пробе на оценку **слухоречевой памяти** при отсутствии задачи на запоминание в 5–6 лет продуктивность первого воспроизведения обнаружила взаимосвязи с контролем, а в 6–7 — с программированием и избирательной регуляцией, т.е. уже в 6–7 лет даже при отсутствии внешней мнестической задачи дети сами ставят ее перед собой. Воспроизводя группы слов отсроченно после интерферирующего воздействия, дети 5–6 лет, по-видимому, пытаются задействовать как стратегии планирования, так и избирательной регуляции и контроля, а в 6–7 лет, как и при произвольном запоминании, основные взаимосвязи обнаруживаются с индексами программирования и избирательной регуляции. В то же время продуктивность произвольного (второго и третьего) воспроизведения слов в субтестах с постановкой мнестической задачи была связана с интегральным индексом дефицита УФ в обеих возрастных группах, что явилось ожидаемым результатом выполнения данной пробы. Продуктивность повторения двух групп по 3 слова, обычно позволяющая оценить сформированность **фонематического восприятия** и возможности **звукопроизношения**, в 5–6 лет оказалась не связанной с произвольной регуляцией, в отличие от группы детей 6–7 лет, что может указывать на более осмысленный и целенаправленный фонетико-фонематический анализ слов, чрезвычайно важный для овладения на следующем этапе обучения навыками письма и чтения. Завершая анализ связи УФ с импрессивной стороной речевой системы старших дошкольников, стоит упомянуть, что **понимание логико-грамматических конструкций** оказалось практически не связанным с состоянием УФ, если не считать связи этого процесса с переключением с программы на программу в 6–7 лет. В то же время связь УФ и импрессивной речи явно нуждается в более подробном исследовании, поскольку вербальная РП как компонент УФ вообще играет крайне большую роль в развитии речи: РП важна для кратковременного удержания вербальной информации, например, для понимания слов и устных сообщений [21].

Связь компонента **серийной организации моторной программы** речевого высказывания с общим уровнем развития УФ наблюдалась лишь в одном из четырех субтестов пробы со скороговорками, состоящем из 5 слов и включающем слова с шипящими и свистящими звуками. Интересно,

что в одном из исследований взаимосвязи УФ и способностей к артикуляции у детей 4–6 лет были получены значительные корреляции между высокими баллами при оценке УФ (на основе родительского опросника *BRIEF*) и успешностью в воспроизведении звуков речи при артикуляции звуков “с” и “ш” [22].

Значительно больше взаимосвязей речевой системы с УФ выявилось при анализе связной речи детей. Возможности **планирования** своего **речевого высказывания** при составлении рассказа по серии картинок оказались связаны с различными сторонами процесса регуляции своих действий как особой подсистемы УФ — с возможностью поддержания выполнения усвоенной программы, а в 6–7 лет — также и с успешностью переключения с одной программы на другую. Еще более многочисленные взаимосвязи прослеживаются для **грамматического оформления высказывания** — в 5–6 лет оно связано с возможностями усвоения программы, в 6–7 лет — с ее поддержанием и переключением с программы на программу, а также с контролем своих действий; можно предположить, что вовлеченность УФ в этот процесс с возрастом увеличивается. Это же касается и **лексического оформления высказывания**: в 5–6 лет уровень развития этой стороны речевой системы связан только с отдельными показателями состояния избирательной регуляции (усвоением программы, переключением с действия на действие и с программы на программу), а в 6–7 лет уже отмечаются его значимые связи с интегральными показателями индексов планирования, избирательной регуляции и контроля. В ряде исследований [23, 24] встречаются данные о лучшем развитии словарного запаса у детей с хорошими навыками тормозного контроля: это объясняется в целом возможностью целенаправленного управления своим поведением, подавлением ненужных мыслей и действий, что способствует лучшему обучению. Тормозный контроль также может облегчить семантический доступ к словам, похожим фонологически, но отличающимся семантически, что будет влиять на точность употребления слов [25].

Отдельно стоит обсудить связь УФ и **вербально-логического мышления**, которое также позволял оценить составленный детьми по серии картинок рассказ. В возрасте 5–6 лет его состояние, диагностируемое по правильности понимания смысла серии, тесно связано с процессами контроля, в 6–7 — уже с процессами избирательной регуляции (с которой связаны и грубые ошибки искажения смысла рассказа) и с интегральным индексом состояния УФ. Видно, что с возрастом связей мышления с УФ становится больше, а их структура меняется.

Таким образом, наиболее многочисленные связи с УФ продемонстрировали различные стороны связной экспрессивной речи (планирование, грамматическое и лексическое оформление высказывания), а также процессы слухоречевой памяти и вербально-логического мышления. Значительно меньшими эти связи оказались для нижежащего по отношению к этим процессам уровня работы со звуками — как в импрессивном (фонематическое восприятие), так и в экспрессивном (серийная организация моторной программы) звеньях, а также для такой стороны импрессивной речи, как понимание логико-грамматических конструкций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что в старшем дошкольном возрасте развитие УФ оказалось связано с состоянием сразу многих сторон речевой системы. Взаимозависимость этих сфер психики с возрастом становится более тесной — в 6–7 лет число связей между различными компонентами двух систем растет. При этом в разном возрасте одни и те же компоненты речевой системы связаны с разными компонентами системы УФ. Полученные в исследовании результаты позволяют лучше понимать степень взаимосвязи уровня зрелости УФ, т.е. процессов произвольной регуляции деятельности, и различных сторон речи. Очень важно, что эта связь показана, в том числе, для тех компонентов речевой системы, которые с нейрокогнитивной точки зрения могут быть связаны не только с уровнем развития процессов планирования, регуляции и контроля, но и с другими мозговыми механизмами. К примеру, хорошо видна значимая связь состояния УФ и не только связной речи (ее программирования и грамматического оформления), что вполне предсказуемо с точки зрения ее мозговой организации, но и самых разных показателей работы слухоречевой памяти, лексической стороны речи, вербально-логического мышления. Результаты исследования говорят в пользу классических и современных представлений о речи как об одном из важнейших условий формирования УФ и произвольной регуляции деятельности. Такое понимание дает возможность строить программу развития и коррекции речи в старшем дошкольном возрасте с опорой, в том числе, на формирование УФ, т.е. процессов произвольной регуляции, что делает работу с речевыми трудностями старших дошкольников заметно эффективнее. Из него же следует обратное: при работе со слабостью функций планирования, избирательной регуляции и контроля крайне важно обеспечить работу и с речевой системой как с источником средств и инструментов произвольной саморегуляции.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным этическим комитетом Института возрастной физиологии РАО (Москва).

**Информированное согласие.** Каждый участник исследования (родитель либо законный представитель ребенка-участника исследования) представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

**Вклад авторов в публикацию.** М.Н. Захарова — разработка концепции, проведение исследования, проведение статистического анализа, визуализация данных, подготовка текста и утверждение окончательного варианта статьи. А.Р. Агрис — проведение исследования, подготовка и редактирование текста.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 374 с.  
*Luria A.R. Fundamentals of neuropsychology. Moscow: Moscow University Publ., 1973. 374 p.*
2. Diamond A. Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry / Principles of frontal lobe function // Eds. Stuss D.T., Knight R.T. Oxford University Press, 2002. P. 466.
3. Diamond A. Executive functions // Annu. Rev. Psychol. 2013. V. 64. P. 135.
4. Miyake A., Friedman N.P., Emerson M.J. et al. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis // Cogn. Psychol. 2000. V. 41. № 1. P. 49.
5. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга // Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2015. Т. 65. № 1. С. 33.  
*Machinskaya R.I. [The brain executive systems] // Zh. Vyssh. Nerv. Deyat. Im. I.P. Pavlova. 2015. V. 65. № 1. P. 33.*
6. Niendam T.A., Laird A.R., Ray K.L. et al. Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions // Cogn. Affect. Behav. Neurosci. 2012. V. 12. № 2. P. 241.
7. Bull R., Espy K.A., Wiebe S.A. Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years // Dev. Neuropsychol. 2008. V. 33. № 3. P. 205.
8. Geoffroy M.-C., Côté S.M., Giguère C.-É. et al. Closing the gap in academic readiness and achievement: The role of early childcare // J. Child Psychol. Psychiatry. 2010. V. 51. № 12. P. 1359.
9. Курганский А.В. Оценка управляющих функций у детей 3–6 лет: состояние, проблемы, перспективы // Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2021. Т. 71. № 4. С. 468.  
*Kurgansky A.V. [Assessment of executive functions in children 3–6 years old: current state, problems and future directions] // Zh. Vyssh. Nerv. Deyat. Im. I.P. Pavlova. 2021. V. 71. № 4. P. 468.*
10. Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в дошкольном и младшем школьном возрасте / Под ред. Мачинской Р.И., Фарбер Д.А. М.: НОУ ВПО "МПСУ"; Воронеж: МОДЭК, 2014. 440 с.  
*Brain mechanisms of the formation of cognitive activity in preschool and primary school age / Eds. Machinskaya R.I., Farber D.A. Moscow: NOU VPO "MPSU" Publ.; Voronezh: MODEK Publ., 2014. 440 p.*
11. Garon N., Bryson S.E., Smith I.M. Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework // Psychol. Bull. 2008. V. 134. № 1. P. 31.
12. Выготский Л.С. Орудие и знак в развитии ребенка / Собрание сочинений: В 6 т. Т. 6. Научное наследие. М.: Педагогика, 1984. С. 5.  
*Vygotsky L.S. Tool and sign in child development / Collected Works: in 6 vol. V. 6. Scientific heritage. Moscow: Pedagogika Press, 1984. P. 5.*
13. Лурия А.Р. Основные проблемы нейролингвистики. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. 252 с.  
*Luria A.R. Basic problems of neurolinguistics. M.: Moscow University Publ., 1975. 252 p.*
14. Shokrkon A., Nicoladdis E. The directionality of the relationship between executive functions and language skills: a literature review // Front. Psychol. 2022. V. 13. P. 848696.
15. Ахутина Т.В., Камардина И.О., Пылаева Н.М. Нейропсихолог в школе. М.: Изд-во В. Секачев, 2016. 56 с.  
*Akhutina T.V., Kamardina I.O., Pylaeva N.M. Neuropsychologist at school. M.: V. Sekachev Publ., 2016. 56 p.*
16. Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет / Под ред. Ахутиной Т.В. М.: Изд-во В. Секачев, 2016. 280 с.  
*Methods of neuropsychological examination of children aged 6–9 years / Ed. Akhutina T.V. Moscow: V. Sekachev Publ., 2017. 280 p.*
17. Семенова О.А. Методика оценки функций произвольной регуляции деятельности у детей младшего школьного возраста // Новые исследования (альманах). 2006. Т. 10. № 2. С. 71.
18. Семенова О.А., Мачинская Р.И., Ломакин Д.И. Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 4. С. 5.  
*Semenova O.A., Machinskaya R.I., Lomakin D.I. The influence of the functional state of brain regulatory systems on the programming, selective regulation and control of cognitive activity in children. Report I: Neuropsychological and EEG analysis of age-related changes in brain regulatory functions in children aged 9–12 years // Human Physiology. 2015. V. 41. № 4. P. 345.*

19. Захарова М.Н., Мачинская Р.И. Возрастные изменения управляющих функций у детей 6–7 лет // Психологические исследования. 2022. Т. 15. № 81. С. 6.  
*Zakharova M.N., Machinskaya R.I.* The development of executive functions in children aged 6–7 years // *Psychological Studies*. 2022. V. 15. № 81. P. 6.
20. Engelhardt P.E., Nigg J.T., Ferreira F. Is the fluency of language outputs related to individual differences in intelligence and executive function? // *Acta Psychol.* 2013. V. 144. № 2. P. 424.
21. Baddeley A., Gathercole S., Papagno C. The phonological loop as a language learning device // *Psychol. Rev.* 1998. V. 105. № 1. P. 158.
22. Netelenbos N., Gibb R.L., Li F., Gonzalez C.L.R. Articulation speaks to executive function: An investigation in 4- to 6-year-olds // *Front. Psychol.* 2018. V. 9. P. 172.
23. Ekerim M., Selcuk B. Longitudinal predictors of vocabulary knowledge in Turkish children: The role of maternal warmth, inductive reasoning, and children's inhibitory control // *Early Educ. Dev.* 2017. V. 29. № 3. P. 1.
24. McClelland M.M., Cameron C.E., Connor C.M. et al. Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills // *Dev. Psychol.* 2007. V. 43. № 4. P. 947.
25. Mirman D., Britt A.E. What we talk about when we talk about access deficits // *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.* 2013. V. 369. № 1634. P. 20120388.

## The Development of Various Speech Components and Their Relations with the State of the Brain Executive Functions in Senior Preschool Age

M. N. Zakharova<sup>a, b, c, \*</sup>, A. R. Agris<sup>b, c, d</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Developmental Physiology of RAE, Moscow, Russia*

<sup>b</sup>*Multidisciplinary Psychological Center "Territory of Happiness", Moscow, Russia*

<sup>c</sup>*Institute of Developmental Neuropsychology, Moscow, Russia*

<sup>d</sup>*The Institute of Social Sciences, RANEP, Moscow, Russia*

\*E-mail: zmn@idnps.ru

The brain executive functions (EF) are crucial for various aspects of childrens' development, as they stipulate control of cognitive processes and behavior. Speech development is one of the most important goals of preschool age and a defining predictor of successful school education. Both classical and contemporary studies stress relations between the given functions. In order to achieve an in-depth comprehension of the relations we have deepened a comparative neuropsychological research by means of complemented speech functions assessment (phonological process, verbal memory, motor program sequencing, grammatical and lexical speech design, planning of utterance) and conducted it targeting children aged 5–6 ( $n = 61$ , average age –  $5.67 \pm 0.33$  y.) and 6–7 ( $n = 117$ , average age –  $6.67 \pm 0.29$  y.). The research has revealed age-specific differences of the given age groups (verbal memory ( $p \leq 0.002$ ), comprehension of logical grammatical constructions ( $p < 0.001$ ), lexical ( $p = 0.031$ ) and grammatical ( $p = 0.008$ ) speech design, planning of utterance ( $p < 0.001$ )). A coherency of speech and the state of EF development increases from 5–6 to 6–7 years old and is evident in various aspects of coherent speech (planning of utterance and its grammatical and, to a lesser degree, lexical speech design), verbal memory and verbal logical thinking; in phonological processing, motor program sequencing and comprehension of logical grammatical constructions, however, it is less evident as it is related to particular indexes, but still exists. The following research findings can be used to further voluntary regulated speech development and correction programs targeting senior preschoolers, as well as to develop voluntary regulation and control incorporating various speech components.

**Keywords:** brain executive functions, working memory, inhibitory control, cognitive flexibility, preschool age, neuropsychology, speech, phonological process, verbal memory, serial organization, vocabulary, grammar, motor program sequencing.