

Научная статья

УДК 159.9

<https://doi.org/10.24888/2073-8439-2024-68-4-30-42>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ ДОШКОЛЬНИКАМИ И ПОДРОСТКАМИ

Н.В. Сутормина¹, Е.И. Николаева², И.А. Калабина³

^{1,2,3} Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия

² Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, Россия

¹ nadya.sutormina.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5073-8922>

² klemtina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8363-8496>

³ innakalabian@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7634-4155>

Резюме. В работе анализируются механизмы рабочей памяти: забывание как следствие воспроизведения и обучение как следствие воспроизведения. Показатели рабочей памяти имеют высокое прогностическое значение для процессов обучения, поскольку она прочно связана с вниманием, формированием новых двигательных и сенсорных навыков, обеспечивает усвоение языков, процессы чтения, арифметические операции. Согласно литературным данным, рабочая память в значительной степени зависит от зрелости префронтальной коры, которая, в свою очередь, имеет нелинейный маршрут созревания. Механизм забывание как следствие воспроизведения связан с тормозным контролем и представляет собой проактивную интерференцию. По поводу механизма обучения до сих пор нет согласованного решения. В работе применялась методика О.М. Разумниковой, направленная на тестирование этих механизмов. Результаты дошкольников и школьников были разбиты на кластеры в соответствии со стратегией воспроизведения в трех сериях, в которых на компьютере предъявлялся один и тот же набор зрительно-пространственных стимулов в различном порядке. Для дошкольников было описано три стратегии: хорошее первое воспроизведение и выраженная проактивная интерференция; низкий уровень воспроизведения в трех серий без выраженных механизмов; высокое первое воспроизведение и появление слабого обучения. У подростков было обнаружено 4 кластера, среди которых был кластер, в котором была выражена и проактивная интерференция, и обучение. Обсуждается роль зрелости префронтальной коры и ее связи с рабочей памятью у дошкольников и подростков.

Ключевые слова: дошкольники, подростки, рабочая память, обучение как следствие воспроизведения, забывание как следствие воспроизведения

Для цитирования

Сутормина Н.В., Николаева Е.И., Калабина И.А. Сравнительный анализ стратегий, применяемых в рабочей памяти дошкольниками и подростками // Психология образования в поликультурном пространстве. 2024. № 4 (68). С. 30–42. <https://doi.org/10.24888/2073-8439-2024-68-4-30-42>

© Сутормина Н.В., Николаева Е.И., Калабина И.А., 2024

Финансирование

Исследование выполнено в рамках реализации проекта Российского научного фонда № 23-28-00253 по теме «Разработка психофизиологического подхода к созданию нормативов пребывания дошкольника в цифровом пространстве и создание модели когнитивного развития дошкольника в цифровой среде».

Research article

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRATEGIES USED IN WORKING MEMORY BY PRESCHOOLERS AND ADOLESCENTS

Nadezhda V. Sutormina¹, Elena I. Nikolaeva¹, Inna A. Kalabina²

^{1,2,3} Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

² Bunin Yelets State University, Yelets, Russia

¹ nadya.sutormina.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5073-8922>

² klemtina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8363-8496>

³ innakalabian@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7634-4155>

Abstract. *The paper analyzes the mechanisms of working memory: forgetting as a consequence of reproduction and learning as a consequence of reproduction. Indicators of working memory have a high prognostic value for learning processes, since it is closely linked to attention, the formation of new motor and sensory skills, and ensures the acquisition of languages, reading processes, and arithmetic operations. According to the literature, working memory largely depends on the maturity of the prefrontal cortex, which, in turn, has a nonlinear maturation route. The mechanism of forgetting as a consequence of reproduction is associated with inhibitory control and is a proactive interference. There is still no agreed solution regarding the learning mechanism. The study used O. M. Razumnikova's technique aimed at testing these mechanisms. The results of preschoolers and schoolchildren were divided into clusters in accordance with the reproduction strategy in three series, in which the same set of visual-spatial stimuli was presented on the computer in different orders. Three strategies were described for preschoolers: good first reproduction and pronounced proactive interference; low level of reproduction in three series without pronounced mechanisms; high first reproduction and the emergence of weak learning. In adolescents, 4 clusters were found, among which there was a cluster in which both proactive interference and learning were expressed. The role of prefrontal cortex maturity and its relationship with working memory in preschoolers and adolescents is discussed.*

Keywords: *preschoolers, adolescents, working memory, learning as a consequence of reproduction, forgetting as a consequence of reproduction*

For citation

Sutormina, N. V., Nikolaeva, E. I., & Kalabina, I. A. (2024). Comparative analysis of strategies used in working memory by preschoolers and adolescents. *Psikhologiya obrazovaniya v polikul'turnom prostranstve*, (4), 30–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.24888/2073-8439-2024-68-4-30-42>

Funding

The research was carried out within the framework of the implementation of the Russian Science Foundation project No. 23-28-00253 on the topic “Development of a psychophysiological event to create standards for a preschooler's stay in the digital space and the creation of models of cognitive development of a preschooler in a digital environment”.

Актуальность изучения рабочей памяти (Величковский, 2015; Ede van, Nobre, 2023) обусловлена тем, что ее показатели имеют высокое прогностическое значение для процессов обучения, прежде всего в школе, поскольку она прочно связана с вниманием (Cowan, 2006; Buzsáki et al., 2022), формированием новых двигательных и сенсорных навыков (Leonard et al., 2015), обеспечивает усвоение языков (Weiland et al., 2014), процессы чтения (Di Lieto et al., 2021) арифметические операции (Ефимова и др., 2023). Именно поэтому снижение функционирования рабочей памяти приводит к определенным трудностям в обучении, в частности, доказана ее связь с возникновением языковых проблем, дислексией и трудностями в обучении чтению, дискалькулией (Elliott et al., 2003). Более того, ухудшение функционирования рабочей памяти отражается на самом процессе обучения в школе: от снижения уровня запоминания и выполнения инструкций до невозможности планирования и решения учебных задач (Николаева и др., 2017).

Рабочая память имеет ограниченный объем (количество элементов, которые одновременно используются для анализа), так как мозг имеет ограниченный когнитивный ресурс. Она развивается наиболее активно в первые 10 лет по отношению к другим периодам жизни человека (Веракса и др., 2018) и достигает уровня развития у взрослых примерно к 14 годам (Разумникова, Николаева, 2019а).

Функция рабочей памяти состоит в том, чтобы связывать элементы актуальной задачи, стоявшие ранее, с теми, которые будут реализованы позже, а также контролировать последовательность решения, сохраняя промежуточные результаты всех этапов (Baddeley, 1974). При этом все эти промежуточные элементы могут изменяться, трансформироваться, что дает возможность реализовать цель в изменяющихся условиях. Именно поэтому сохранение промежуточных результатов до конца выполнения задачи обеспечивает успешность ее выполнения (Исматуллина и др., 2015).

Наиболее обсуждаемыми механизмами, действующими в рабочей памяти, являются забывание, обусловленное воспроизведением (ЗОВ), и обучение, обусловленное воспроизведением (ООВ) (Cinel et al., 2018).

Единого понимания механизма ЗОВ нет. Одним из механизмов ухудшения воспроизведения считается проактивная интерференция, то есть наложение воспоминаний о предыдущих стимулах на запоминание новой информации и ослабление формирования нового следа памяти (Anderson et al., 2011; Aslan, Baum, 2011, Разумникова, Николаева, 2021). Теории, объясняющие эффект интерференции (Postman, 1976), предполагают, что сигнал поиска активирует несколько воспоминаний одновременно, а конкуренция следов памяти препятствует точному запоминанию. То есть забывание, по видимому, является следствием ассоциативной структуры памяти и близости воспроизводимой информации.

М.С. Андерсон с соавторами (Anderson et al., 2010) предположили, что забывание не является следствием конкуренции следов памяти, а обусловлено особым активным тормозным процессом, действующим во время поиска ответа. Для облегчения запоминания целевого стимула нецелевой в данный момент подавляется, и именно этот механизм ухудшает возможность последующего воспроизведения.

Есть еще примиряющий эти два подхода взгляд (Norman, 2007), который объясняет забывание действием как интерференции, так и торможения

Следует подчеркнуть, что проактивная интерференция считается элементом тормозного контроля и поэтому больший эффект ЗОВ наблюдается при эффективных тормозных процессах (Kramer et al., 2021).

Известно, что постепенно появляющиеся в онтогенезе тормозные функции обнаруживаются очень рано и формируются достаточно долго (Nikolaeva et al., 2021). Их

активность во многом зависит от созревания префронтальной коры. Эта область мозга появляется одной из последних, и поэтому ее созревание является самым длительным по отношению к структурам, обнаруженным в эволюции гораздо раньше (Kwon et al., 2023).

ООВ является противоположностью процесса ЗОВ, что означает, что каждое последующее воспроизведение в рабочей памяти приводит к лучшему запоминанию информации после повторного тестирования. Известно, что ООВ сопровождает запоминание стимульного материала разного качества и объема. Конечный результат воспроизведения определяется взаимодействием двух процессов (Разумникова, Николаева, 2019).

Однако было показано, что ЗОВ в большей степени коррелирует с конечным результатом запоминания, и было обнаружено увеличение объема ЗОВ у лиц с лучшей памятью при выполнении арифметической задачи, тогда как эффект ООВ не коррелировал с объемом запоминаемого материала (Derue, 2012).

Тем не менее, существует мнение, что ЗОВ является основополагающим механизмом в обучении и развитии интеллектуальных способностей (Pastötter, Bäuml, 2014). Оба механизма зависят от активности префронтальной коры. Согласно нейроанатомической модели, префронтальная тормозная модуляция воспроизведения следа памяти включает три пути: переключение внимания на обработку других стимулов, торможение индивидуально-специфического паттерна репрезентации памяти и генерализованное торможение гиппокампа и, соответственно, реактивацию воспроизведения (Kwon et al., 2023). Такое разнообразие функциональных систем торможения, по-видимому, определяет широкую вариабельность механизмов воспроизведения следа памяти.

Целью данного исследования стало построение индивидуальных соотношений этих механизмов у детей дошкольного и подросткового возраста, что позволило бы соотнести эти индивидуальные профили к степени созревания префронтальной коры.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 56 детей дошкольного возраста и 62 подростка. Среди детей 22 было девочки и 34 мальчика, среди подростков — 27 девочек и 35 мальчиков. Средний возраст детей составляет $6,21 \pm 0,76$ лет, средний возраст подростков — $13,24 \pm 2,15$ лет. Значимых различий по полу и возрасту между кластерами не обнаружено.

Для оценки механизмов рабочей памяти (РП) использовалась методика О.М. Разумниковой (Разумникова, Николаева, 2019а), в которой детям последовательно предъявляли на экране компьютера один и тот же набор из 30 стимулов (различные предметы, известные детям) в разной последовательности. Ребенок должен быть из предлагаемого небольшого набора выбрать тот объект, который он ранее не выбирал. Предъявление прекращалось, когда ребенок совершал ошибку. Подсчитывалось число правильно воспроизведенных объектов в каждой серии.

Так как данные по объему воспроизведения в рабочей памяти не соответствуют нормальному распределению, был проведен иерархический кластерный анализ с использованием метода Уарда (WARD-method) и евклидовым расстоянием в качестве меры расстояния между объектами (Podolin-Danner et al., 2022). Анализ проводился с использованием стандартизированных z-оценок, что уменьшает влияние ненормально распределенных данных (Koga et al., 2022).

Как показывают дендрограммы на рис. 1а, б для результатов оценки рабочей памяти дошкольников было выбрано решение с тремя кластерами, для подростков — с четырьмя кластерами. При определении оптимального количества кластеров был использован метод локтя (Koga et al., 2022) и визуальный осмотр дендрограмм.

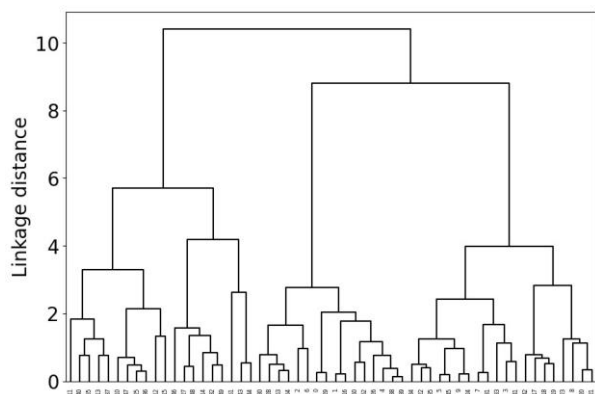


Рис. 1а. Дендрограмма, показывающая трехкластерное решение для результатов оценки трех объемов воспроизведения в РП детей дошкольного возраста

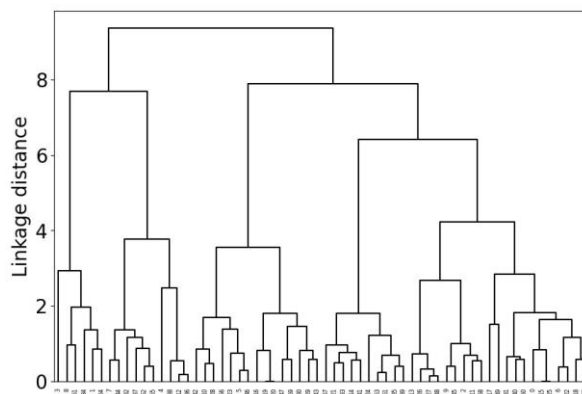


Рис. 1б. Дендрограмма, показывающая четырехкластерное решение для результатов группы подростков

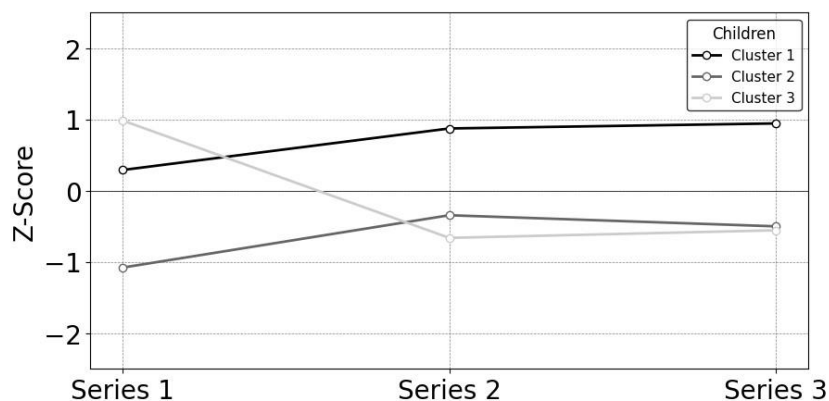


Рис. 2а. Средние z-оценки переменных трех кластеров результатов дошкольников

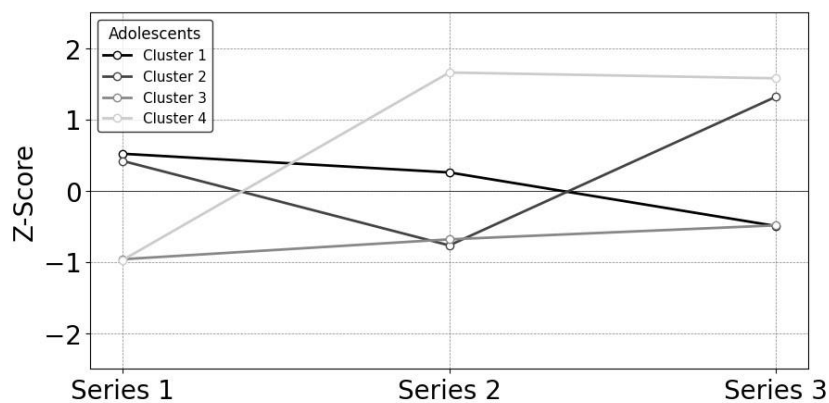


Рис. 2б. Средние z-оценки переменных трех кластеров результатов подростков

При дальнейшем анализе для непрерывных переменных использовался анализ с помощью критерия Краскела–Уоллиса для попарных сравнений — тест Манна–Уитни с поправкой Бонферрони, для категориальных переменных — тест хи-квадрат.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием языка программирования Python библиотеки *scikit-learn* (Pedregosa et al., 2011).

Результаты и их обсуждение

Таблица 1

Средние значения объема рабочей памяти в трех сериях у детей дошкольного возраста, разделенных на 3 кластера (среднее и стандартное отклонение)

Объем РП, серия	1 кластер (n = 20)	2 кластер (n = 20)	3 кластер (n = 16)	p Краскел-Уоллес	Post hoc (Манн-Уитни U тест t)
1	19,1±5,1	8,6±3,6	24,3±2,8	38,9, p < 0,01	3 > 1 > 2
2	17,6± 6,8	8,6±4,9	6,2±4,4	21,84, p < 0,01	1 > 2,3
3	13,9±5,5	5,4±3,6	5,2±2,6	26,71, p < 0,01	1 > 2,3

Примечание: РП — рабочая память, p — уровень значимости.

Как видно из табл. 1, первый кластер (n = 20; 35,71 % выборки) в группе детей дошкольного возраста характеризуется высоким уровнем воспроизведения в первой серии и постепенным снижением объема воспроизведенных элементов в последующих сериях. Это свидетельствует о наличии умеренной проактивной интерференции. Второй кластер (n = 20; 35,71 % выборки) демонстрирует низкий уровень рабочей памяти во всех трех воспроизведения, так как испытуемые в этом кластере запомнили наименьшее количество объектов по сравнению с испытуемыми из других кластеров. Можно констатировать у них как слабость механизма забывания, обусловленного воспроизведением (проактивная интерференция), так и отсутствие обучения как следствие воспроизведения. Третий кластер (n = 16; 28,57 % выборки) отличается самым высоким объемом запомненной информации в первой серии (следовательно, высоким уровнем проактивной интерференции), так и слабым обучением, как следствием воспроизведения. У детей этого возраста преобладают признаки первого должно быть забывание, тогда как обучение появляется только у тех детей, с которыми дополнительно занимаются в семье (Nikolaeva et al., 2020).

Таблица 2

Средние значения объема рабочей памяти в трех сериях у подростков, разделенных на 4 кластера (среднее и стандартное отклонение)

Объем РП, серия	1 кластер (n = 31)	2 кластер (n = 10)	3 кластер (n = 15)	4 кластер (n = 6)	p, Краскел-Уоллес	Post hoc (Манн-Уитни тест U)
1	20,2 ± 5,2	19,5 ± 6,6	10,1 ± 3,5	10,0 ± 3,4	30,45, p < 0,01	1,2 > 3,4
2	11,6 ± 5,6	5,5 ± 1,1	6,0 ± 3,0	19,8 ± 4,9	27,61, p < 0,01	4 > 1 > 3,2
3	7,5 ± 2,9	17,7 ± 3,0	7,5 ± 3,4	19,2 ± 3,6	34,91, p < 0,01	4,2 > 3,1

Примечание: обозначения как в табл. 1

Первый кластер (n = 31; 50,0 % выборки) в группе подростков соответствует первому кластеру у детей, так как представляет самый высокий уровень рабочей памяти в первой серии и выраженную проактивную интерференцию, так как в последующих сериях запомнено гораздо меньше объектов. Второй кластер (n = 10; 16,13 % выборки) характеризуется большим объемом воспроизведения как в первой серии, так и в третьей. Это свидетельствует о том, что в этой группе оба механизма рабочей памяти сформированы. В третьем кластере (n = 15; 24,19 % выборки) обнаруживается самый низкий уровень рабочей памяти во всех сериях по сравнению со всеми остальными кластерами. Этот кластер соответствует второму кластеру у детей. Четвертый кластер (n = 6; 9,68 %

выборки) — самый малочисленный, обладает следующими характеристиками: высоким уровнем рабочей памяти и увеличением количества запомненных объектов во второй и третьей серии по сравнению с первой, что может быть связано с низким уровнем проактивной интерференции и высоким уровнем обучения.

В таблице 3 представлены данные о различиях между кластерами у детей.

Таблица 3

Значимость различий в уровнях воспроизведения элементов рабочей памяти у детей дошкольного возраста (тест Манна-Уитни)

Объем РП, серия	Сравнение 1 и 2 кластеров	Сравнение 1 и 3 кластеров	Сравнение 2 и 3 кластеров
1	379,50, p < 0,001	59,50, p < 0,01	0,00, p < 0,001
2	334,00, p < 0,001	290,50, p < 0,001	203,00, p > 0,05
3	362,50, p < 0,001	298,0, p < 0,001	164,00, p > 0,05

Согласно результатам, представленным в таблице 3, все кластеры дошкольников отличаются друг от друга с высокой значимостью ($p < 0.01$). При попарном *post hoc* анализе с помощью теста Манна-Уитни с поправкой Бонферрони показано, что результаты первой серии методики, измеряющей рабочую память, значимо отличаются между всеми тремя кластерами с уровнем значимости $p < 0,01$. В третьем кластере было запомнено наибольшее количество объектов ($24,31 \pm 2,78$), дети первого кластера запомнили $19,05 \pm 5,07$ объектов. Во втором кластере запомнено в три раза меньше объектов, чем в первом ($8,65 \pm 3,60$). Во второй серии обнаружены значимые различия между первой и второй, третьей серией ($p < 0,001$), но не между второй и третьей. В первом кластере ($17,60 \pm 6,82$) было запомнено значимо больше объектов, чем во втором ($8,55 \pm 4,96$) и третьем ($6,19 \pm 4,39$). Третья серия имеет такой же паттерн как вторая серия. В первом кластере ($13,90 \pm 5,49$) было запомнено значимо ($p < 0,001$) больше объектов, чем во втором ($5,45 \pm 3,56$) и третьем ($5,12 \pm 2,64$).

Таблица 3

Значимость различий в уровнях воспроизведения элементов рабочей памяти у подростков (тест Мана-Уитни)

Объем РП, серия	Сравнение кластеров, U					
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
1	157,50, p>0,05	436,00, p < 0,001	178,00, p < 0,01	131,50, p < 0,05	U = 55,00, p < 0,05	U = 43,50, p>0,05
2	261,50, p < 0,01	378,50, p < 0,01	22,00, p < 0,05	69,50, p>0,05	0,00, p < 0,01	0,00, p < 0,01
3	1,00, p < 0,001	230,00, p>0,05	0,00, p < 0,01	149,00, p < 0,001	22,00, p>0,05	0,00, p < 0,01

Post hoc тесты также сделаны для кластеров группы подростков. Результат сравнение между сериями с помощью теста Краскела-Уоллеса позволил увидеть значимые различия ($p < 0,01$) между всеми кластерами. Тест Манна-Уитни с поправкой Бонферрони показал, что в первой серии первый ($20,9 \pm 5,18$) и второй кластер ($19,50 \pm 6,59$) обладают значимо более высокими результатами по уровню рабочей памяти, чем третий ($10,07 \pm 3,49$, $p < 0,001$, $p < 0,05$ соответственно) и четвертый ($10,00 \pm 3,37$, $p < 0,01$, $p < 0,05$) кластер. Вторая серия характеризуется значимо высоким показателем рабочей памяти для четвертого кластера ($19,83 \pm 4,88$) по сравнению с первым ($11,55 \pm 5,00$, $p < 0,05$), третьим ($6,00 \pm 3,01$, $p < 0,01$) и вторым ($5,50 \pm 1,12$, $p < 0,01$). Первый кластер также показывает значимо ($p < 0,01$) более высокий результат по сравнению со вторым

и третьим. В третьей серии обнаруживается, что результаты четвертого ($19,17 \pm 3,58$) и второго ($17,70 \pm 3,03$) кластера значимо выше результатов третьего ($7,53 \pm 3,36$, $p < 0,01$, $p < 0,001$) и первого ($7,48 \pm 2,85$, $p < 0,01$, $p < 0,001$).

Сравнение результатов мальчиков и девочек с помощью теста Хи квадрат для признака пола, а также анализ с помощью теста Краскела-Уоллеса для признака возраста не показал значимых различий между различными кластерами мальчиков и девочек.

Таким образом, наши данные свидетельствуют о том, что в дошкольном возрасте формируется три типа поведения при тестировании механизмом рабочей памяти. Наиболее представленными являются два типа поведения. Первый состоит в том, что ребенок, выполняя тест, лучшего всего воспроизводит в первый раз, а затем идет по-степенно снижение объема воспроизведения за счет активации механизма проактивной интерференции. Второй вариант связан с очень низким воспроизведением, при котором нет ни выраженной проактивной интерференции, ни обучения. Наконец, третий вариант отмечается у небольшого числа детей, который состоит в том, что ребенок, хорошо выполнив задание в первый раз, сталкивается с интерференцией и пытается бороться, что приводит к некоторому улучшению третьего воспроизведения. В тоже время его физиологических механизмов пока не достаточно (зрелость префронтальной коры), чтобы эффективно противостоять проактивной интерференции.

У подростков есть два кластера, соответствующие дошкольникам: выраженная проактивная интерференция и низкое воспроизведение во всех сериях. Однако то, что у дошкольников было в зачаточном виде — выраженная проактивная интерференция и выраженный механизм обучения — у них представлен в существенно большем объеме. Однако появилась группа, в которой первое воспроизведение слишком незначительно, что приводит к отсутствию проактивной интерференции, но наличию обучения. Это дети, которые не сразу включаются в задание, плохо слушают инструкцию, что можно квалифицировать как недостаточность тормозного контроля. Можно предположить, что процессы созревания мозговых структур и, прежде всего, префронтальной коры, протекают более медленно, чем в типичном случае. Все это отражает индивидуальную изменчивость в развитии детей и подростков и требует создания индивидуальных образовательных маршрутов.

Литература

- Величковский Б.Б. Рабочая память человека. Структура и механизмы. М.: МГУ, 2015. 246 с.
- Веракса А.Н., Бухаленкова Д.А., Якупова В.А. Возможности развития регуляторных функций в игровой деятельности: теоретический обзор // Российский психологический журнал. 2018. Т. 15. № 4. С. 97–112. <https://doi.org/10.21702/rpj.2018.4.5>
- Ефимова В.Л., Николаева Е.И., Дружинин О.А., Мазурова И.С. Использование сложной сенсомоторной реакции для прогноза успеваемости в школе // Психология и Психотехника. 2023. № 1. С. 1–11. <https://doi.org/10.7256/2454-0722.2023.1.39631>
- Исматуллина В.И., Воронин И.А., Захаров И.М., Белова А.П., Будакова А.В. Взаимосвязи общего интеллекта, рабочей памяти и планирования // Теоретическая и экспериментальная психология. 2015. Т.8. № 4. С. 36–48.
- Николаева Е.И., Стрекосова В.С., Зиновьева И.И. Связь успеваемости с психологическими характеристиками учеников 4–7 классов (лонгитюдное исследование) // Российский гуманитарный журнал. 2017. Том 6. № 5. С. 404–408. <https://doi.org/10.15643/libartrus-2017.5.5>
- Разумникова О.М., Николаева Е.И. Тормозные функции мозга и возрастные особенности организации когнитивной деятельности // Успехи физиологических наук. 2019а. Т. 50. № 1. С. 75–89. <https://doi.org/10.1134/S0301179819010090>
-

-
- Разумникова О. М., Николаева Е.И. Возрастные особенности тормозного контроля и проактивная интерференция при запоминании зрительной информации // Вопросы психологии. 2019b. № 2. С. 124–132.
- Разумникова О.М., Николаева Е.И. Онтогенез тормозного контроля когнитивных функций и поведения. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. 159 с.
- Anderson M.C., Levy B.J. On the relationship between interference and inhibition in cognition // Successful remembering and successful forgetting: A festschrift in honor of Robert A. Bjork. Ed. by A.S. Benjamin. New York: Psychology Press, 2010. Pp. 107–132. <https://doi.org/10.4324/9780203842539>
- Anderson M.C., Reinholz J., Kuhl B.A., Mayr U. Intentional suppression of unwanted memories grows more difficult as we age // Psychology and Aging. 2011. Vol. 26 (2). Pp. 397–405. <https://doi.org/10.1037/a0022505>
- Aslan A., Bäuml K.-H.T. Individual differences in working memory capacity predict retrieval-induced forgetting // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2011. Vol. 37 (1). Pp. 264–269. <https://doi.org/10.1037/a0021324>
- Baddeley A. The episodic buffer: A new component of working memory? // Trends in Cognitive Sciences. 2000. Vol. 4 (11). Pp. 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Buzsáki G., McKenzie S., Davachi L. Neurophysiology of Remembering // The Annual Review of Psychology. 2022. Vol. 73. Pp. 187–215. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-021721-110002>
- Cinel C., Cortis Mack C., Ward G. Towards augmented human memory: Retrieval-induced forgetting and retrieval practice in an interactive, end-of-day review // Journal of Experimental Psychology: General. 2018. Vol. 147 (5). Pp. 632–661. <https://doi.org/10.1037/xge0000441>
- Cowan N., Fristoe N.M., Elliott E.M., Brunner R.P., Sauls J.S. Scope of attention, control of attention, and intelligence in children and adults // Memory & Cognition. 2006. Vol. 34 (8). Pp. 1754–1768. <https://doi.org/10.3758/BF03195936>
- Depue B.E. A neuroanatomical model of prefrontal inhibitory modulation of memory retrieval // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2012. Vol. 36 (5). Pp. 1382–1399. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.02.012>
- Di Lieto M.C., Pecini C., Brovedani P., Sgandurra G., Dell’Omo M., Chilosi A.M., Guzzetta A., Perazza S., Sicola E., Cioni G. Adaptive Working Memory Training Can Improve Executive Functioning and Visuo-Spatial Skills in Children With Preterm Spastic Diplegia // Frontiers in Neurology. 2021. Vol. 11. 601148. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.601148>
- Ede van F., Nobre A.C. Turning Attention Inside Out: How Working Memory Serves Behavior // Annual Review of Psychology. 2023. Vol. 74. Pp. 137–165 <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-021422-041757>
- Elliott R. Executive functions and their disorders: Imaging in clinical neuroscience // British Medical Bulletin. 2003. Vol. 65 (1). Pp. 49–59.
- Koga M., Shigetoh H., Tanaka Y., Morioka S. Characteristics of clusters with contrasting relationships between central sensitization-related symptoms and pain // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. 2626. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06453-8>
- Kramer H.J., Wood T.D., Lara K.H., Lagattuta K.H. Children’s and adults’ beliefs about the stability of traits from infancy to adulthood: Contributions of age and executive function // Cognitive Development. 2021. Vol. 57. 100975. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100975>
- Kwon S.-J., Telzer H., van Hoorn J., Lindquist K.A., Prinstein M.J., Tilzer E. Age-related changes in ventrolateral prefrontal cortex activation are associated with daily prosocial behaviors two years later // Developmental Cognitive Neuroscience. 2024. Vol. 67. 101394. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101394>
- Leonard H.C., Bernardi M., Hill E.L., Henry L.A. Executive Functioning, Motor Difficulties, and Developmental Coordination Disorder // Developmental Neuropsychology. 2015. Vol. 40 (4). Pp. 201–215. <https://doi.org/10.1080/87565641.2014.997933>
- Nikolaeva E., Dunaevskaya E., Burkova S, Nikiforova S., Merenkova V. Age characteristics of the working memory // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 258. 07016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125807016>
-

-
- Nikolaeva E.I., Isaiko A.A., Soboleva N.A. Relationship between intelligence and executive functions in preschoolers // *Lurian Journal*. 2020. Vol. 1 (2). <https://doi.org/10.15826/Lurian.2020.1.2.3>
- Norman K.A., Newman E.L., Detre G. A neural network model of retrieval-induced forgetting // *Psychological Review*. 2007. Vol. 114 (4). Pp. 887–953. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.4.887>
- Pastötter B., Bäuml K.H.-T. Retrieval practice enhances new learning: the forward effect of testing // *Frontiers in Psychology*. 2014. Vol. 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00286>
- Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O. Scikit-learn: Machine learning in Python // *Journal of machine Learning research*. 2011. Vol. 12. Pp. 2825–2830. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1953048.2078195>
- Podolin-Danner N., Wenzl M., Knorr A., Fuchshuber J., Silani G., Unterrainer H.-F. The Swedish version of the multidimensional inventory for religious/spiritual well-being. Part II: Development of a four-field typology // *Frontiers in Psychology*. 2022. Vol. 13. 1029101. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1029101>
- Postman L. Interference theory revisited // *Recall and recognition*. Ed. by J. Brown. New York: Wiley, 1976. Pp. 157–182.
- Weiland C., Barata M.C., Yoshikawa H. The co-occurring development of executive function skills and receptive vocabulary in preschool-aged children: A look at the direction of the developmental pathways // *Infant and Child Development*. 2014. Vol. 23 (1). Pp. 4–21. <https://doi.org/10.1002/icd.1829>

References

- Anderson, M. C., & Levy, B. J. (2010). On the relationship between interference and inhibition in cognition. In A. S. Benjamin (Ed.), *Successful remembering and successful forgetting: A festschrift in honor of Robert A. Bjork* (pp. 107–132). New York: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203842539>
- Anderson, M. C., Reinholz, J., Kuhl, B. A., & Mayr, U. (2011). Intentional suppression of unwanted memories grows more difficult as we age. *Psychology and Aging*, 26(2), 397–405. <https://doi.org/10.1037/a0022505>
- Aslan, A., & Bäuml, K.-H. T. (2011). Individual differences in working memory capacity predict retrieval-induced forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(1), 264–269. <https://doi.org/10.1037/a0021324>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Buzsáki, G., McKenzie, S., & Davachi, L. (2022). Neurophysiology of Remembering. *The Annual Review of Psychology*, 73, 187–215. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-021721-110002>
- Cinel, C., Cortis Mack, C., & Ward, G. (2018). Towards augmented human memory: Retrieval-induced forgetting and retrieval practice in an interactive, end-of-day review. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(5), 632–661. <https://doi.org/10.1037/xge0000441>
- Cowan, N., Fristoe, N. M., Elliott, E. M., Brunner, R. P., & Saults J. S. (2006). Scope of attention, control of attention, and intelligence in children and adults. *Memory & Cognition*, 34(8), 1754–1768. <https://doi.org/10.3758/BF03195936>
- Depue, B. E. (2012). A neuroanatomical model of prefrontal inhibitory modulation of memory retrieval. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(5), 1382–1399. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.02.012>
- Di Lieto, M. C., Pecini, C., Brovedani, P., Sgandurra, G., Dell'Omo, M., Chilosi, A. M., Guzzetta, A., Perazza, S., Sicola, E., & Cioni, G. (2021). Adaptive Working Memory Training Can Improve Executive Functioning and Visuo-Spatial Skills in Children With Preterm Spastic Diplegia. *Frontiers in Neurology*, 11, 601148. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.601148>
- Ede, van F., & Nobre, A. C. (2023). Turning Attention Inside Out: How Working Memory Serves Behavior. *Annual Review of Psychology*, 74, 137–165. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-021422-041757>
-

-
- Efimova, V. L., Nikolaeva, E. I., Druzhinin, O. A., & Mazurova, I. S. (2023). Using a complex sensorimotor reaction to predict academic performance at school. *Psikhologiya i Psikhotekhnika*, (1), 1–11. (In Russ.) <https://doi.org/10.7256/2454-0722.2023.1.39631>
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders: Imaging in clinical neuroscience. *British Medical Bulletin*, 65(1), 49–59.
- Ismatullina, V. I., Voronin, I. A., Zaxarov, I. M., Belova, A. P., & Budakova, A. V. (2015). Relationships between general intelligence, working memory and planning. *Teoreticheskaya i eksperimental'naya psixologiya*, 8(4), 36–48. (In Russ.)
- Koga, M., Shigetoh, H., Tanaka, Y., & Morioka, S. (2022). Characteristics of clusters with contrasting relationships between central sensitization-related symptoms and pain. *Scientific Reports*, 12, 2626. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06453-8>
- Kramer, H. J., Wood, T. D., Lara, K. H., & Lagattuta, K. H. (2021). Children's and adults' beliefs about the stability of traits from infancy to adulthood: Contributions of age and executive function. *Cognitive Development*, 57, 100975. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100975>
- Kwon, S.-J., Telzer, H., van Hoorn, J., Lindquist, K. A., Prinstein, M. J., & Tilzer, E. (2024). Age-related changes in ventrolateral prefrontal cortex activation are associated with daily prosocial behaviors two years later. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 67, 101394. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101394>
- Leonard, H. C., Bernardi, M., Hill, E. L., & Henry, L. A. (2015). Executive Functioning, Motor Difficulties, and Developmental Coordination Disorder. *Developmental Neuropsychology*, 40(4), 201–215. <https://doi.org/10.1080/87565641.2014.997933>
- Nikolaeva, E. I., Isaiko, A. A., & Soboleva, N. A. (2020). Relationship between intelligence and executive functions in preschoolers. *Lurian Journal*, 1(2). <https://doi.org/10.15826/Lurian.2020.1.2.3>
- Nikolaeva, E. I., Strekosova, V. S., & Zinovieva, I. I. (2017). Relationship between academic performance and psychological characteristics of students in grades 4–7 (longitudinal study). *Rossiiskij gumanitarnyj zhurnal*, 6(5), 404–408. (In Russ.) <https://doi.org/10.15643/libartus-2017.5.5>
- Nikolaeva, E., Dunaevskaya, E., Burkova, S., Nikiforova, S., & Merenkova, V. (2021). Age characteristics of the working memory. In *E3S Web of Conferences* (vol. 258, 07016). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125807016>
- Norman, K. A., Newman, E. L., & Detre, G. (2007). A neural network model of retrieval-induced forgetting. *Psychological Review*, 114(4), 887–953. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.4.887>
- Pastötter, B., & Bäuml, K. H.-T. (2014). Retrieval practice enhances new learning: the forward effect of testing. *Frontiers in Neurology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00286>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., & Grisel, O. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of machine Learning research*, 12, 2825–2830. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1953048.2078195>
- Podolin-Danner, N., Wenzl, M., Knorr, A., Fuchshuber, J., Silani, G., & Unterrainer, H.-F. (2022). The Swedish version of the multidimensional inventory for religious/spiritual well-being. Part II: Development of a four-field typology. *Frontiers in Psychology*, 13, 1029101. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1029101>
- Postman, L. (1976). Interference theory revisited. In J. Brown (Ed.), *Recall and recognition* (pp. 157–182). New York: Wiley.
- Razumnikova, O. M., & Nikolaeva, E. I. (2019a). Inhibitory functions of the brain and age-related features of the organization of cognitive activity. *Uspexi fiziologicheskix nauk*, 50(1), 75–89. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0301179819010090>
- Razumnikova, O. M., & Nikolaeva, E. I. (2019b). Age-related features of inhibitory control and proactive interference in memorizing visual information. *Voprosy psixologii*, (2), 124–132. (In Russ.)
- Razumnikova, O. M., & Nikolaeva, E. I. (2021). *Ontogenesis of inhibitory control of cognitive functions and behavior: monograph*. Novosibirsk: Publishing House of NSTU. (In Russ.)
- Velichkovsky, B. B. (2015). *Human working memory. Structure and mechanisms*. Moscow: MGU. (In Russ.)
-

-
- Veraksa, A. N., Bukhalenkova, D. A., & Yakubova, V. A. (2018). Development of Executive Functions Through Play Activities: A Theoretical Overview. *Rossiiskii psikhologicheskii zhurnal*, 15(4), 97–112. (In Russ.) <https://doi.org/10.21702/rpj.2018.4.5>
- Weiland, C., Barata, M. C., & Yoshikawa, H. (2014). The co-occurring development of executive function skills and receptive vocabulary in preschool-aged children: A look at the direction of the developmental pathways. *Infant and Child Development*, 23(1), 4–21. <https://doi.org/10.1002/icd.18295>

Информация об авторах

Сутормина Надежда Владимировна, младший научный сотрудник, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена; почтовый адрес: Россия, 191186, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 48; электронная почта: nadya.sutormina.92@mail.ru

Николаева Елена Ивановна, доктор биологических наук, заведующая кафедрой возрастной психологии и педагогики семьи Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена; почтовый адрес: Россия, 191186, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 48; профессор кафедры психологии и психофизиологии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина; почтовый адрес: Россия, 399770, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28, 1; электронная почта: klemtina@yandex.ru

Калабина Инна Александровна, кандидат психологических наук, доцент кафедры возрастной психологии и педагогики семьи Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена; почтовый адрес: Россия, 191186, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 48; электронная почта: innakalabian@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Заявление о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи

Поступила в редакцию 16.11.24. Принята к печати 1.12.24.

Information about the authors

Nadezhda V. Sutormina, Junior Research Fellow, Herzen State Pedagogical University of Russia; Postal Address: Russia, 191186, Saint Petersburg, 48, Moika Emb.; e-mail: nadya.sutormina.92@mail.ru

Elena I. Nikolaeva, Doctor of Biological Sciences, the Head of the Department of the Developmental Psychology and Family Pedagogic, Herzen State Pedagogical University of Russia; Postal Address: Russia, 191186, Saint Petersburg, 48, Moika Emb.; Professor of the Department of Psychology and Psychophysiology, Bunin Yelets State University; Postal Address: Russia, 399770, Yelets, 28, 1, Kommunarov Street; e-mail: klemtina@yandex.ru

Inna A. Kalabina, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor of the Department of the Developmental Psychology and Family Pedagogic, Herzen State Pedagogical University of Russia; Postal Address: Russia, 191186, Saint Petersburg, 48, Moika Emb.; e-mail: innakalabian@mail.ru

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Article history

Received 16 November 2024. Accepted 1 December 2024.