

## ЗНАЧЕНИЕ ТОРМОЗНОГО КОНТРОЛЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ\*

О.М. Разумникова<sup>1,2,a</sup>, Е.И. Николаева<sup>3,б</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины,

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия;

<sup>3</sup>Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

<sup>a</sup>[razum@physiol.ru](mailto:razum@physiol.ru), <sup>б</sup>[klemtina@mail.ru](mailto:klemtina@mail.ru)

**Аннотация.** Выполнен анализ возрастных особенностей функций тормозного контроля в управлении поведением, включающие самоконтроль, интерференционный контроль при селекции информации и сохранении в памяти и когнитивную гибкость. Рассмотрены эффекты когнитивного торможения в детском возрасте, при старении и в творческой деятельности.

**Ключевые слова:** тормозной контроль, стратегии селекции информации, память, онтогенез, обучение, креативность

## ROLE OF INHIBITORY CONTROL IN ONTOGENESIS OF COGNITIVE FUNCTIONS

О.М. Razumnikova<sup>1,2,a</sup>, Е.И. Nikolaeva<sup>3,б</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, <sup>2</sup>Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

<sup>a</sup>[razum@physiol.ru](mailto:razum@physiol.ru), <sup>б</sup>[klemtina@mail.ru](mailto:klemtina@mail.ru)

**Abstract.** An analysis of the age-related variability in the inhibitory control of behavior control functions including self-monitoring, interference control for information selection and storage in memory, and cognitive flexibility was performed. The effects of cognitive inhibition in childhood, in aging and in creative activity are considered.

**Key words:** inhibitory control, information selection strategies, memory, ontogenesis, learning, creativity

### Введение

Тормозной контроль в центральной нервной системе, выполняя функции регуляции интерференции при селекции и воспроизведении информации и организации реакции, включается в процессы постановки цели, саморегуляции и координации мышления и действий (Blair et al., 2007). Эффективность тормозного контроля рассматривается как один из важных показателей когнитивного развития в раннем онтогенезе (Best, Miller, 2010) и как компенсаторный ресурс мозга при старении (Legon et al., 2016). Тормозные функции являются необходимым компонентом не только эффективного логического мышления (Houde, Borst, 2015), но и креативности (Benedek et al., 2012). Какие механизмы лежат в основе такого функционального разнообразия тормозных процессов?

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №17-06-00166.

## **Развитие тормозного контроля**

В эволюции развитие форм поведения шло в направлении усложнения репертуара стереотипных действий, реализация которых повышала вероятность выживания организма. Появление массивных лобных долей мозга привело к возникновению принципиально нового типа управления поведением. В английском языке этот тип управления поведением называется «executive functions», что переводится как управленческие, исполнительские функции, приводя к замешательству, так как управление и исполнение вряд ли можно считать аналогичными поведенческими событиями.

Формирование нового паттерна действий требует торможение прежнего стереотипа, который уже не соответствует обстоятельствам. Этот новый вариант поведения, ранее отсутствовавший у данного субъекта, может создаваться либо методом проб и ошибок, либо как результат озарения.

*Управление изменением поведения* (executive functions) представляет совокупность нисходящих ментальных процессов, которые регулируют, контролируют и управляют разными компонентами поведения: планирование будущего действия, принятие решения при наличии разных возможностей выхода из создавшейся ситуации, переключение с одной задачи (уже устаревшей и неэффективной) на другую (с неизвестным исходом) (Burgess, Simons 2005; Luna et al., 2015). *Функции тормозного контроля* в этом управлении поведением, включают самоконтроль, направленный на инициацию или подавление определенного типа поведения; интерференционный контроль - селективное внимание и когнитивное торможение; рабочую память и когнитивную гибкость (Diamond, 2013). На основе этих ключевых функций управления изменением поведения выстраиваются функции более высокого порядка, такие как рассуждение, решение проблем и планирование (Lunt et al., 2012).

Можно выделить ряд ситуаций, когда привычное автоматизированное управление поведением должно быть изменено (Norman, Shallice, 1986): планирование и принятие решений; поиск и коррекция ошибок; поведение в непредсказуемой или опасной ситуации; ситуации ожидания или когда последовательность действий не может быть автоматизированной. Тормозный контроль - один из центральных механизмов в управлении изменением поведения. Он включает способность контролировать внимание, поведение, мысли и/или эмоции, отказываясь от сильных внутренних желаний или внешних соблазнов и обеспечивает таким образом личностный рост. Он требует выполнять то, что нужно в сложившихся обстоятельствах или то, чего планируется достичь в далеком будущем (Diamond, 2013).

Основные структуры, функции которых относятся к управлению изменением поведения - это дорзальная префронтальная кора, всегда принимающая участие в интегративных процессах (Clark et al., 2008); передняя сингулярная кора, как часть лимбической системы эмоционального и мотивационного реагирования (отвечает за тормозный контроль нежелательных ответов); и орбитофронтальная кора, включенная в оценку значимости подкрепляющего поведение стимула и играющая ключевую роль в контроле импульсивного поведения, поэтому ее повреждение связывают с активацией агрессивного и антисоциального поведения (Blair, 2004; Rolls et al., 2008).

Известно, что тормозной контроль развивается в раннем онтогенезе как результат формирования нейронных систем лобной коры в период 3-6 лет (Best, Miller, 2010; Garon et al., 2008; Swingler et al., 2011). Тормозной контроль отражает способность отказа от привычного, но признанного неверным в данной ситуации, действия, или способность игнорировать нерелевантную согласно поставленной цели информацию. Соответственно, он является центральным звеном системы исполнительного внимания и рассматривается как предиктор готовности к школьному обучению и успешности в освоении чтения и математики (Blair, Razza, 2007; Bull, Scerif, 2001; Willoughby 2012).

Известен ряд работ, выполненных с целью анализа возможностей когнитивной тренировки детей 3-6 лет в развитии тормозного контроля. При этом использовали

стандартные тесты (go/no-go, stop-signal, flanker-task, задачи Струпа и т.п), которые в отечественном варианте решаются сравнением результатов простой и сложной сенсомоторных реакций. Все они показали, что тормозной контроль реакции поддается целенаправленной тренировке, однако относительно устойчивости эффекта или переноса на другие когнитивные функции мнения весьма противоречивы (Liu et al., 2015).

Особое внимание уделяется изучению соотношения тормозного контроля и развития вербальных способностей, так как их связь прослеживается и в раннем онтогенезе, и в школьном возрасте (Hughes, 1998; Cuevas, Bell, 2014). Учитывая усиливающиеся в последнее время нарушения развития детей (Безруких и др., 2015), в том числе проблемы с освоением речевых функций у детей младшего возраста (Liew, 2011), требуется более глубокое понимание механизмов тормозного контроля для коррекции приемов психолого-педагогической практики, необходимой для повышения эффективности обучения и воспитания младших школьников.

Известны данные, что разные формы тормозного контроля, относящиеся к вниманию (устойчивость к появлению дистракторов) и действию (подавление несоответствующего инструкции ответа), представлены одними и теми же нейронными структурами (Bunge et al., 2002) и объединяются в один фактор (Friedman, Miyake, 2004). Показано, что если в задаче требуется использовать один тип самоконтроля (например, не есть сладкое), а потом сразу же предлагается другой вид самоконтроля (например, выполнение задачи типа «стоп-сигнал»), выполнение второй задачи ухудшается по сравнению с ситуацией, когда она выполнялось без предварительной задачи с самоконтролем (Muraven, 2010). Однако, имеются доказательства, что тормозной контроль и отставленное вознаграждение имеют различные механизмы (Diamond, 2013).

Качество тормозного контроля ребенка имеет прогностическую значимость в отношении этого показателя в дальнейшем, включая взрослость. В лонгитюдном исследовании 1000 детей, рожденных в одном и том же городе в один и тот же год, показано, что те, кто в возрасте от 3 до 11 лет имел лучшие показатели тормозного контроля (например, спокойнее ждали своей очереди, меньше реагировали на дистракторы, были более настойчивы и менее импульсивны) с большей вероятностью в подростковом возрасте оставались в школе (а не покидали ее), с меньшей вероятностью курили или употребляли наркотики (Moffitt et al., 2011). Будучи взрослыми, они имели лучшее физическое и ментальное здоровье (например, с меньшей вероятностью имели избыточный вес или высокое артериальное давление, у них не было проблемы зависимости). Они имели большую заработную плату и реже нарушали закон в 30 лет по сравнению с теми, у кого были ниже показатели тормозного контроля до 11 лет. Предполагается, что тормозной контроль в детстве предопределяет коэффициент интеллекта в будущем, социальный статус, наличие семьи и качество семейной жизни (Moffitt, 2012). Столь значимая роль тормозного контроля в развитии адаптационных форм поведения требует понимания закономерностей его механизмов развития в онтогенезе и соответствующих способов целенаправленной коррекции.

### **Значение тормозного контроля при старении**

Снижение тормозного контроля при старении рассматривается как основа возрастного ослабления эффективности разных когнитивных функций (Hasher, Zacks, 1988). Пожилые плохо подавляют зрительные (Dagowski et al. 2008) и слуховые дистракторы (Barr & Giambra 1990). Многочисленные исследования возрастных особенностей внимания с использованием задачи Струпа показали устойчивое повышение времени реакции при сравнении ответов на неконгруэнтные и конгруэнтные стимулы, что свидетельствует о большей чувствительности пожилых людей к интерференции irrelevantной информации (Kramer, 1994). Делается заключение, что вне зависимости от инструкции и типа задачи пожилые люди существенно хуже, чем молодые, игнорировали irrelevantные стимулы (Zanto et al. 2010). Дефицит тормозного контроля в большей степени относится к механизмам подавления сигналов,

которые нужно игнорировать, тогда как внимание к стимулам, которые определены инструкцией, может даже улучшиться (Gazzaley et al. 2005).

Ухудшение способности игнорировать irrelevantную информацию в пожилом возрасте по сравнению с молодыми показано тестированием негативного прайминга с использованием разных стимулов: букв, слов, картинок или геометрических фигур. Однако в случае применения другой версии негативного прайминга, согласно которой требуется определить расположение стимулов, а не их идентичность, возрастные различия в тормозном контроле не обнаруживаются. Вследствие этого возникла гипотеза, что при старении нарушаются селективные функции тормозного контроля, в которых задействован вентральный затылочно-височный путь обработки зрительной информации, а не дорзальный затылочно-теменной (Zanto et al. 2010).

Известны также исследования, результаты которых свидетельствуют об отсутствии возрастных различий при тестировании тормозного контроля с применением практически всех перечисленных выше методик. Для объяснения обнаруженных противоречий предлагается рассматривать разные варианты интеграции когнитивных ресурсов как результат дифференциации процессов торможения в системах восприятия, моторики и речи (Dempster, Corkill, 1999; Germain, Collette, 2008).

Возрастное снижение эффективности когнитивной деятельности базируется на трех основных взаимосвязанных процессах: *ухудшении тормозного контроля, снижении рабочей памяти и скорости ментальных операций*, однако единства во мнениях, какой из них является ведущим, пока не достигнуто (Rozas et al., 2008; Grégoire et al., 2012; Sylvain-Roy et al., 2015). Имеются доказательства, что возрастные изменения скорости и интерференции при тестировании вербальной памяти и понимания речи обусловлены рабочей памятью. С другой стороны, связь возраста и рабочей памяти объясняется влиянием скорости и, в меньшей степени, торможением (которое в свою очередь является тем механизмом, который обуславливает скорость). Наконец, третья точка зрения опирается на результаты структурного моделирования, согласно которым возраст независимо влияет и на скорость процессов, и на тормозной контроль, и на память.

Ведущую роль процессов торможения в изменениях других когнитивных функций связывают с тем, что тормозной контроль ответственен за эффективность идентификации и селекции релевантной информации в рабочей памяти, изменения внимания или поддержание его фокуса при выполнении последовательности действий с игнорированием дистракторов и принятие тех решений, которые оцениваются как наиболее приемлемые (Hasher et al. 1999). Рассматривая отдельно функции торможения в рабочей памяти, выделяют контроль доступа информации, «стирание» irrelevantной и регуляция времени удержания релевантной информации. Известный феномен «забывание, вызванное извлечением из памяти» связывают с тормозными процессами, которые способствуют разрешению конкуренции информации при поиске той, которая необходима для реализации цели. Извлечение нужной информации из памяти приводит к забыванию другой, неактуальной в данный момент. Таким образом, следует констатировать наличие общих звеньев тормозных процессов в механизмах внимания и рабочей памяти, которые нарушаются при старении.

Эффективный тормозной контроль позволяет сохранять в рабочей памяти поставленные цели и осуществлять доступ к той информации, которая необходима для решения имеющихся проблем с удалением ненужной. Оба эти процесса нарушаются при старении (Hasher, Zacks, 1988). Наиболее сложной для организации поведения пожилых людей является среда, насыщенная новой разнообразной информацией.

Особое внимание к изучению возрастных изменений тормозных процессов в механизмах рабочей памяти связано с тем, что она лежит в основе реализации многих когнитивных функций, включая речь, планирование деятельности и решение ежедневно возникающих проблем. Усиление проактивной интерференции рассматривается как механизм ослабления эпизодической памяти в старости (Hasher, Zacks, 1988). Ухудшение процессов «стирания» irrelevantной информации из памяти показано на примере

повышения проактивной интерференции у пожилых людей при тестировании запоминания списков слов из разных семантических категорий по сравнению с молодыми. Анализ связи эффекта интерференции с индивидуально оптимальной активацией в соответствии с циркадианным ритмом не подтвердил предположения о том, что изменения активационного уровня является причиной возрастных особенностей этого эффекта (Hasher et al., 1999).

Дефицит воспоминаний можно снизить посредством временного анализа последовательности событий с удержанием в памяти цели поведения и фиксации изменений промежуточных эпизодов, что противодействует интерференции (Lindenberger, Ghisletta, 2009). Обнаружено также, что пожилые имплицитно запоминают перцептивные и концептуальные свойства информации, предъявленной в качестве дистракторов. Этот эффект, т.е. лучшее по сравнению с молодыми сохранение дистракторов в памяти, также предлагается использовать для компенсации возрастных проблем с памятью (Biss et al., 2013).

Исследование разных типов тренировки: рабочей памяти или исполнительного контроля в группе 18-30 лет выявило больший эффект улучшения когнитивных функций для высокомотивированных лиц, а перенос эффекта улучшения на уровень IQ согласно тесту Равена был максимален для тренировки исполнительного внимания (Maraver, 2016). В другом исследовании, однако, достоверного эффекта переноса исполнительного контроля не было выявлено, хотя его улучшение по сравнению с контрольными показателями достигнуто и в молодом, и пожилом возрасте (Sandberg et al., 2014). Хотя более поздние выводы этой же исследовательской группы свидетельствуют о долговременном эффекте тренировки и переносе результативности запоминания чисел и букв (Sandberg, Stigsdotter, 2016). В свою очередь ряд работ показывает эффективность тренировки рабочей памяти с использованием как вербальных, так и образных стимулов и сохранение улучшения в течение длительного времени (см. Разумникова, 2015). Однако эффект тренировки был зависим не только от возраста, но и от базового состояния памяти и от динамики ее изменения (Zinke et al., 2014).

Недавно выполненный мета-анализ литературных данных выявил улучшение функций без существенных различий в разных типах тренировки с более выраженным эффектом в пожилом возрасте, чем в молодом и переносом улучшения на интеллект, хотя этот эффект не распространялся на решение ежедневных проблем (Karbach, Verhaeghen, 2014). Результаты другого, более позднего мета-анализа тренировки рабочей памяти, свидетельствуют об устойчивом эффекте повышения показателей памяти вследствие практики, но в разной степени выраженные эффекты генерализованного переноса на другие когнитивные функции, отчего вновь возникают сомнения в практической ценности тренировки для решения ежедневных проблем (Melby-Lervåg et al., 2016).

Еще одним компенсаторным процессом является характерная для пожилого возраста более выраженная мультисенсорная интеграция с усилением связи между одновременно предъявленными стимулами разной модальности и ослаблением тормозного контроля (Diaconescu et al., 2013). Механизмы этого эффекта, однако, остаются не ясными, так как серии выполненных экспериментов указывают на потенциально разные пути его развития: инверсию эффективности селекции сигналов на фоне ухудшения унимодальной сенсорной перцепции, увеличение периода интеграции характеристик стимулов при их обработке или повышение фоновой активности мозга, вследствие которого возникает парадоксальное соотношение в функциональной активации коры: обработка стимулов высокой интенсивности вызывает слабую активацию, а слабой интенсивности – наоборот, высокую (Mozolic et al., 2012).

Для объяснения ухудшения когнитивных функций и потери адаптационных резервов в старости предлагается несколько теорий, в том числе «*дефицита торможения*» (Hasher et al., 1999). Однако ни эта теория, ни известные модели «*лобного старения*» (West, 1996; Greenwood, 2000) или *нарушения координации функциональных нейронных систем* (Bennett, Madden, 2014) не позволяют пока понять наблюдаемую вариативность в изменениях когнитивных функций у людей пожилого возраста.

Хотя показано, что характеристики исполнительных функций являются лучшими предикторами качества жизни и вероятности развития старческой деменции (Cahn-Weiner et al., 2007), остается неясным, какой фактор является основным: общее снижение скорости ментальных процессов, которое рассматривается как основная причина ухудшения показателей разных когнитивных функций при старении (Salthouse, Soubelet, 2014), или нарушения в тормозном контроле релевантной и нерелевантной информации.

Томографические исследования с использованием показателей фракционной анизотропии выявили коррелирующие со снижением показателей когнитивной деятельности возрастные нарушения интеграции белого вещества мозга, наиболее выраженные в передней части мозга и в мозолистом теле (Fling et al., 2011; Lovden et al., 2013; Madden et al., 2012). Так как эти изменения можно рассматривать как подтверждение любой из упомянутых выше гипотез, необходимо дальнейшее выяснение приоритетов в последовательности нарушений взаимосвязанных когнитивных процессов в системах внимания и памяти. Решение этого вопроса имеет не только фундаментальное, но и практическое значение для разработки наиболее эффективных методов активизации компенсаторных резервов мозга, которые могут предотвратить или замедлить раннее наступление старческой деменции и повысить качество жизни пожилых людей (Rebok et al., 2007; Park, Reuter-Lorenz, 2009).

### **Значение тормозного контроля в эффективности творческой деятельности**

Понимание механизмов организации тормозных функций центральной нервной системы актуально и для выяснения эффективной организации творческой деятельности, этот вопрос занимает важное место при комплексном изучении психологических и нейрофизиологических закономерностей реализации креативных способностей, развернувшимся в последние десятилетия (Fink et al., 2009; Vartanian, 2009; Gómez-Ariza et al., 2016; Razumnikova, Volf, 2015; Zabelina et al., 2016).

Интенсивные исследования в этом направлении были инициированы гипотезой Мартиндейла о разных стадиях творческого процесса со сменой *фокусированного и дефокусированного внимания* и соответствующим усилением активации или торможения локальных или отдаленных участков коры головного мозга. Ожидаемый эффект ослабления активации согласно мощности альфа-ритма преимущественно в лобных областях коры был получен в исследованиях ЭЭГ коррелятов креативности в разных экспериментальных условиях (Fink et al., 2006; Razumnikova, 2007). Учитывая функциональное значение синхронизации альфа осцилляций предполагается, что обнаруженная деактивация отражает интернальное внимание, направленное на поиск оригинальной идеи с торможением иррелевантной информации (Benedek et al., 2014).

Имеются, однако, исследования, которые показывают другие формы частотно-пространственной организации активности коры, сопровождающие высокие показатели вербальной или образной креативности или решения эвристической задачи: противоположные эффекты активации коры согласно вызванных решением креативного задания изменениям мощности альфа колебаний и топографические особенности ЭЭГ коррелятов креативности с *доминированием левого/правого полушария или передних/задних отделов коры* (Разумникова и др., 2009; Шемякина, Данько, 2007; Petsche et al., 1997).

Известно, что нейронные системы префронтальной коры выполняют функции инициации решения проблемы, выбора операторов и контроля их выполнения или дополнительного поиска других операторов, и именно они рассматриваются как основные в организации тормозного контроля. Креативное решение проблем включает способность формировать интуитивные ассоциации и тормозить стереотипные, ранее использованные и запомненные классические решения поставленных задач (придумать образ, найти ассоциацию, составить предложение или найти способ использования предмета и т.д.).

*Дуальная теория принятия решения* включает две системы: интуитивную и аналитическую (эвристическое решение возникает быстро и автоматически, а аналитическое требует большего времени вследствие размышления над каждым правильным шагом) (Evans,

2008), однако, неясно как происходит переключение между функциями этих систем, которое часто требуется для творческой деятельности.

Исполнительная система и «система мозга по умолчанию» (DMN) представляют нейронные системы, выполняющие реципрокные функции: DMN активирована в ситуации отсутствия целенаправленного внешнего воздействия (т.е. состояние сходно с периодом инкубации как стадии креативного поиска идеи), а исполнительная – контролирует деятельность соответственно поставленным целям. «Блуждание мысли» (mind wandering) (MW) как функция DMN отражает отвлечение внимания от текущей задачи к собственным мыслям и при интернально сфокусированном интересе к решению проблемы, по-видимому, отражает потенциально продуктивный поиск оригинальной идеи с подключением на финальной стадии функций исполнительной системы мозга, представляющих критическую оценку и фиксацию конечного решения. MW может быть адаптивным, так как способствует самоанализу, регулированию настроения и планированию позитивного будущего при отставленном вознаграждении (см. Bertossi, Ciarumelli, 2016).

Известны альтернативные точки зрения на взаимосвязь MW, рабочей памяти и исполнительного внимания, каждая из них опирается на соответствующие эмпирические доказательства: 1) MW требует ресурсов памяти и не может сохраняться, когда ресурсы потребляются задачей или 2) MW обходится без поддержки рабочей памяти, но уменьшается при выполнении сложной задачи, для успешного решения которой необходимо ограничение внимания для исключения мыслей, не имеющих отношения к задаче. Специально выполненное исследование для разрешения этой дилеммы выявило значение контекста для взаимосвязи MW и ресурсов рабочей памяти: когда ограничение внимания к задаче не имеет приоритета, ресурсы памяти могут свободно поддерживать MW; если внимание уделяется задаче, тогда все ресурсы направлены на сохранение этой цели и блокируют MW (Levinson et al., 2012). Следовательно, двойственная роль ресурсов мозга, задействованных в решение проблемы или предоставленных MW, определяется как объективной сложностью поставленной проблемы, так и ее субъективной оценкой. Негативная связь MW и эффективности выполнения задания согласно теории когнитивных ресурсов усиливается не только с усложнением задания, но и с повышением его длительности (Randal et al., 2014).

Сходство характеристик MW и дефокусированного внимания вызвало серию исследований связи MW и креативности (Baird et al., 2012; Radel et al., 2015; Smeekens, Kane, 2016). Обнаружено, что облегчение выполнения креативного задания может быть достигнуто предъявлением простой задачи в инкубационный период, усиливающим MW (Baird et al., 2012). Анализ ассоциации исполнительного контроля и креативности, выполненный посредством сопоставления емкости рабочей памяти, MW и результативности выполнения заданий разной сложности выявил весьма слабую связь между MW и пост-инкубационной эффективностью дивергентного мышления и сильную связь емкости рабочей памяти и аналитического мышления, указывая на существование разных компонентов креативности (Smeekens, Kane, 2016). Поддерживающее и фокусированное внимание необходимо для селекции релевантной решению задачи идей и торможения нерелевантной информации, тогда как дефокусированное и MW – свободный доступ к релевантным, но удаленным по смыслу концепциям.

В специально организованном исследовании с анализом роли трех специфических компонентов исполнительной системы – обновления ресурсов информации, переключения и торможения рассматривали их общие и дифференциальные отношения с флюидным интеллектом и способностями к дивергентному мышлению на основе структурного подхода с латентными переменными. Оказалось, что предикторами креативности являются торможение и обновление рабочей памяти, последний компонент объяснял также вариативность IQ (Benedek et al., 2014).

Учитывая две классические стадии креативного мышления, генерацию идей связывают с диффузным вниманием и нейронными процессами «снизу-вверх» (bottom-up), а их оценивание – с фокусированным вниманием и исполнительным контролем, т.е.

процессами «сверху-вниз» (top-down) (Jung et al., 2013). Эти процессы обеспечивает кооперация DMN и системы исполнительного контроля (Ellamil et al., 2012; Benedek et al., 2014; Beaty et al., 2014, 2016). Известно, что активность DMN отражает разнообразные индивидуальные характеристики личности, в том числе – уровень интеллекта или открытости опыту – психометрические показатели, имеющие связь с креативностью (Beaty et al., 2016; Samraio et al., 2014). Поэтому неудивительно, что уникальное взаимодействие указанных нейронных структур создает вариативные паттерны активации – торможения, лежащие в основе решения креативного задания.

При выяснении топографической специфики функциональной активности мозга, связанной с креативностью, актуально не только понимание роли правого и левого полушария, но и функций передних и задних отделов мозга. Согласно классической точке зрения с тормозным контролем связывают функции нижней лобной извилины (Aron et al., 2004; Houdé, Borst, 2015), а взаимодействие лобных областей и темпоро-парието-окципитальной зоны обеспечивает поиск нестандартных идей и их оценивание (Gilbert et al., 2006; Dietrich, 2004). Что касается поиска более точной регионарной специфики нейронных систем, обеспечивающих разные составляющие креативности, то с развитием фМРТ число функционально значимых зон все более увеличивается, при этом высказывается мнение, что топографические методы могут быть наиболее полезны для изучения процессов торможения (DeYoung et al., 2010). Однако на настоящий момент имеются противоречия относительно роли, например, таких областей как языковая извилина (lingual gyrus) и клин (cuneus). Толщина коры в этих областях согласно данным одних авторов негативно коррелирует с дивергентным мышлением (Jung et al., 2010), согласно другим – позитивно (Fink et al., 2014) и связана с беглостью идей (Jauk et al., 2015). Одни авторы выделяют левую часть языковой извилины как структуру, относящуюся к созданию образных представлений (Zhang et al., 2014), другие – правую часть клина и предклинья (Fink et al., 2014). Инсайтное решение проблемы сопровождается активацией в префронтальной коре (Antonietti, Balconi, 2010) или правой передней верхней височной извилине и передней сингулярной коре (Jung et al., 2010; Koulios, Veeman, 2014), или левой дорзолатеральной части префронтальной коры (Qiu et al., 2010).

Известно также мнение, что медиальная височная доля может быть центральным звеном, необходимым для генерации новых идей, а критическая их оценка - осуществляться не только вследствие планомерного анализа, поддержанного исполнительными структурами мозга, но и включать спонтанные аффективные оценочные процессы посредством DMN и лимбической системы (Thoma et al., 2015). Что касается полушарной специфики креативности, то несмотря на заключение о доминировании правого полушария (Mihov et al., 2010), сделанное на основе мета-анализа литературы, имеется ряд данных о ключевой роли левого полушария в организации экспериментально организованной творческой деятельности (Aziz-Zadeh et al., 2013; Huang et al., 2013; Qiu et al., 2010).

Таким образом, индивидуальная стратегия генерации креативной идеи может определяться соотношением принципиально разных когнитивных процессов: контролирующих функций внимания и способностей к дефокусированному вниманию (Beaty et al., 2014; Benedek et al., 2012), предпочтению локально организованной левополушарной селекции информации или глобальной правополушарной (Razumnikova, Volf, 2015; Zabelina et al., 2016; Zmigrod et al., 2015) и ресурсов рабочей/ эксплицитной/ имплицитной памяти (Chein, Weisberg, 2014; De Dreu, et al., 2012; Lee, Theriault, 2013).

**Возрастная специфика тормозного контроля** рассматривается как ключевой вопрос механизмов креативного мышления в связи с тем, что *префронтальные области* претерпевают наиболее выраженные изменения в онтогенезе (Giedd et al., 2009), активируются при генерации креативных идей (Beaty et al., 2016) и вовлекаются в тормозной контроль (Cassotti et al., 2016).



Лобные доли начинают созревать в 7 лет, а «творить» дети начинают с момента рождения. Для творчества взрослого нужно создание принципиально нового явления, ранее не представленного в культуре, творчество ребенка - это то, что он впервые создает сам, хотя бесконечная череда людей прошла уже эту стадию. Именно поэтому творчество ребенка – это переосмысление услышанных от других сказок, изображение окружающих объектов, освоение речи и, наконец, созидание собственной личности (Николаева, 2017).

К ребенку-школьнику можно применять уже другой, психометрический подход. Оказалось, что у первоклассника креативность и интеллект не имеют корреляционных связей, а уровень общего и невербального интеллекта определяется скоростными возможностями сенсомоторной интеграции (при низких показателях тормозного контроля). В 11-12 лет ситуация меняется: наряду с повышением тормозного контроля уровень общего интеллекта и креативность тесно коррелируют друг с другом и не зависят от скоростных процессов сенсомоторной интеграции (Николаева, Новикова, 2015).

Известно, что подростковый период (10-16 лет) характеризуется с одной стороны повышенной чувствительностью ко всему новому, а с другой – развитием всех компонентов когнитивного контроля: координации поведения в соответствии с целями, переключения задач и ресурсов рабочей памяти и тормозного контроля нежелательных реакций (Luna et al., 2015). У подростков в сравнении с группой более взрослых людей отмечено усиление активации лобных отделов коры, ассоциированных с более высокой эффективностью решения креативных проблем (Kleibeuker et al., 2013, 2016). Анализ вербальной и образной креативности в двух возрастных группах 15-17 и 25-30 лет не выявил значимых межгрупповых различий в показателях креативности, и независимо от возраста отмечена положительная связь только для образной креативности с толщиной коры в правой средней височной извилине, а также в ряде левополушарных областей, включая верхнюю лобную извилину (Cousijn et al., 2014). Таким образом, вопрос о вариабельности в функциональных взаимоотношениях креативности и регионарной активности мозга остается открытым.

Согласно теории типичного когнитивного развития способность сопротивляться первой пришедшей на ум идеи и переключаться на поиск другой стратегии является основой креативности в любом возрасте. Однако *функциональная фиксация объекта*, которая препятствует возможности его альтернативного использования, развивается уже у 6-7 летних детей (для 5-ти летних детей характерен иммунитет к функциональной фиксации) (German, Defeyter, 2000). Механизм этого перехода: взаимодействия между накопленными знаниями, концептуальной структурой и представлением проблемы остается пока неясным. В целом, однако, отмечается повышение психометрических показателей креативности от детского к подростковому возрасту, хотя в разные периоды у подростков могут происходить падения эффективности выполнения заданий (Lau, Cheung, 2010).

Акцент на механизмы извлечения информации, сохраняющиеся в памяти, и взаимодействие ее *имплицитных и эксплицитных ресурсов* – еще одно направление поиска закономерностей решения креативных проблем (Helie, Sun, 2010). В этом случае аналогично вышеупомянутой дуальной теории на стадии постановки проблемы и ее верификации используется модуль преимущественно эксплицитно представленных знаний, а на стадии инкубации – имплицитно. Взаимодействие между двумя системами определяется порогом активации, который определяет уровень внутренней уверенности относительно принятия решения (соответствующее время реакции) или продолжения поиска ответа. Так как объем не только рабочей памяти, но и приобретенных знаний существенно различается в детском и пожилом возрасте, то логично предположить и разные возрастные предпочтения в соотношении имплицитно или эксплицитно ориентированного поиска решения креативного задания.

Большинство исследований креативности выполнено с привлечением к экспериментам детей или молодых людей – студентов, что неудивительно, так как понимание факторов, регулирующих реализацию творческих способностей, может повлиять на эффективность деятельности в разных профессиональных сферах. Психометрическим

исследованиям креативности пожилых людей уделяется гораздо меньше внимания, большая часть таких работ – это анализ личностных особенностей выдающихся людей в сфере науки или искусства. Автор обзора опубликованных за период 1980-2012 г.г. научных статей по этой теме делает оптимистическое заключение, что креативность сопровождает «успешное» старение (Tsai, 2013). Фактами для такого вывода послужили данные, что исследованиям креативности пожилых людей в 80-е годы было посвящено только 9%, а в 2000-х уже 57%. Вместе с этим отмечен недостаток эмпирических работ (только 23%), преимущественно представлены описания поведения людей из сферы искусства или роли активного стиля жизни в сохранении психического здоровья и творческого долголетия. Усиление интереса к изучению механизмов изменения когнитивных функций при старении обусловлен все более возрастающим числом пожилых людей в разных странах и наблюдаемой весьма широкой вариабельностью степени этих изменений. Успешная адаптация к быстро изменяющейся информационной и социальной среде требует от пожилого человека не только сохранения памяти и интеллекта, но и гибкости мышления.

Эффект возраста на показатели дивергентного мышления был проанализирован совместно с другими когнитивными характеристиками: индуктивным мышлением, словарным запасом, скоростью мышления и объемом памяти. Беглость формирования ассоциаций не различалась в зависимости от возраста (в диапазоне 17-75 лет), но группа 40-50 лет была лучшей согласно значениям беглости, гибкости и оригинальности (Reese et al., 2001).

В отличие от этого сравнение четырех возрастных групп показало пик всех компонентов вербального и образного дивергентного мышления в 20-35 лет, их стабилизацию в группе 36-55 лет и снижение в 56-75 лет (Palmiero et al., 2016). Динамика этих изменений отличалась только для образной беглости, которая была выше, чем вербальная беглость для всех трех групп: 56-74, 75-85 и 86-98. Авторы работы делают заключение, что, несмотря на устойчивое снижение показателей креативности в пожилом возрасте, дивергентное мышление может быть ресурсом для предотвращения когнитивных дисфункций при старении.

Имеются данные об отсутствии достоверного снижения дивергентного мышления при старении, хотя для этого необходимо было снять ограничения во времени (Foos, Boone, 2008) или учесть возрастные изменения памяти (Addis et al., 2016; Madore et al., 2016).

Таким образом, для понимания разнообразных функций тормозного контроля необходимо сопоставление значения фокусированного/дефокусированного внимания, интернального/экстернального контроля решения проблемы вербальной/образной природы с использованием имплицитной/эксплицитной памяти и дивергентного/конвергентного мышления. Так как каждая из перечисленных составляющих когнитивной деятельности согласно приведенным данным имеет свои специфические особенности в детском и пожилом возрасте, выделение ключевых моментов изменения тормозного контроля в онтогенезе с учетом этих особенностей позволит понять механизмы организации успешного или дизадаптивного поведения.

## **Литература**

*Безруких М.М., Логинова Е.С., Парцалис Е.М.* 2015. Комплексная диагностика индивидуальных нарушений когнитивных функций и их коррекция. Физиология человека. 41, 1-18.

*Николаева Е.И.* Психология детского творчества. СПб: Питер, 2017.

*Николаева Е.И., Новикова А.В.* 2014. Сравнительный анализ интеллекта и креативности с параметрами простой и сложной сенсомоторных реакций у младших подростков. Акт. проблемы психол. знания. 32, 47-52.

*Разумникова О. М.* 2015. Закономерности старения мозга и способы активации его компенсаторных ресурсов. Успехи физиол. наук. 46, 3–16.

- Разумникова О.М., Тарасова И.В., Вольф Н.В. 2009. Особенности активации коры у лиц с высокой и низкой вербальной креативностью: анализ альфа1,2 ритмов. Журн. высш. нервн. деят. 59, 242–251.
- Шемякина Н.В., Данько С.Г. 2007. Изменения мощности и когерентности альфа2 диапазона ЭЭГ при выполнении творческих заданий с использованием эмоционально значимых и эмоционально нейтральных слов. Физиол. человека. 33, 20–27.
- Addis D.R., Pan L., Musicaro R., Schacter D.L. 2016. Divergent thinking and constructing episodic simulations. *Memory*. 24, 89-97.
- Antonietti A., Balconi M. 2010. Analogical reasoning: An incremental or insightful process? What cognitive and cortical evidence suggests. *Cognitive Neurosci.* 1, 137–138.
- Aron A.R., Robbins T.W., Poldrack R.A. 2004. Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends Cogn Sci.* 8, 170-177.
- Aziz-Zadeh L., Liew S.-L., Dandekar F. 2013. Exploring the neural correlates of visual creativity. *Social, Cognitive and Affective Neuroscience.* 8, 475- 480.
- Baird B., Smallwood J., Mrazek M.D., et al. 2012. Inspired by distraction: Mind wandering facilitates creative incubation. *Psychol. Sci.* 23, 1117–1122.
- Barr R. A., Giambra, L. M. 1990. Age-related decrement in auditory selective attention. *Psychology and Aging.* 5, 597-599.
- Beaty R.E., Benedek M., Silvia P.J., Schacter D.L. 2016. Creative cognition and brain network dynamics. *Trends in cognitive sci.* 20, 87-95.
- Beaty R.E., Benedek M., Wilkins R.W., Jauk E., et al. 2014. Creativity and the default network: A functional connectivity analysis of the creative brain at rest *Neuropsychologia.* 64, 92–98.
- Beaty R.E., Kaufman S. B., Benedek M., Jung R.E., et al. 2016. Personality and complex brain networks: The role of openness to experience in default network efficiency. *Hum. Brain. Mapp.* 37, 773–779.
- Beaty R. E., Silvia P. J., Nusbaum E. C., Jauk, E, Benedek M. 2014. The role of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & Cognition.* 42, 1186–1197.
- Benedek M., Jauk E., Sommer M., Arendasy M., Neubauer A.C. 2014. Intelligence, creativity, and cognitive control: The common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity. *Intelligence.* 46, 73–83.
- Benedek M. Franz F., Heene M., Neubauer A. C. 2012. Differential effects of cognitive inhibition and intelligence on creativity. *Pers. Individ. Differ.* 53, 480–485.
- Benedek M., Jauk E., Fink A., et al. 2014. To create or to recall? Neural mechanisms underlying the generation of creative new ideas. *NeuroImage,* 88, 125–133.
- Bennett I.J., Madden D.J. 2014. Disconnected aging: Cerebral white matter integrity and age-related differences in cognition. *Neurosci.* 276, 187–205.
- Bertossi E, Ciaramelli E. 2016. Ventromedial prefrontal damage reduces mind-wandering and biases its temporal focus. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 11, 1783-1791.
- Best J. R., Miller P. H. 2010. A developmental perspective on executive function. *Child Dev.* 81, 1641–1660.
- Biss R.K., Campbell K.L., Hasher L. 2013. Interference from previous distraction disrupts older adults' memory. *J. Gerontology Series B: Psychol. Sci. Soc. Sci.* 68, 558–561.
- Blair R.J. 2004. The roles of orbital frontal cortex in the modulation of antisocial behavior. *Brain Cogn.* 55, 198-208.
- Blair C., Razza R. P. 2007. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev.* 78, 647–663.
- Bull R., Scerif G. 2001. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Dev Neuropsychol.* 19, 273–293.
- Bunge S.A., Dudukovic N.M., Thomason M.E., et al. 2002. Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: evidence from fMRI. *Neuron.* 33, 301-311.
- Burgess P.W., Simons J.S. 2005. Theories of frontal lobe executive function: clinical applications. In: P.W. Halligan, D.T. Wade (eds). *Effectiveness of Rehabilitation for Cognitive Deficits.* N.-Y.:

Oxford Univ. Press, 211-231.

*Cahn-Weiner D. A., Farias S. T., Julian L. et al.* 2007. Cognitive and neuroimaging predictors of instrumental activities of daily living. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 13, 747–757.

*Casey B.J., Jones R.M., Hare T.A.* 2008. The adolescent brain. *Ann. N.-Y. Acad. Sci.* 1124, 111–126.

*Cassotti M., Agogute M., Camarda A., et al.* 2016. Inhibitory control as a core process of creative problem solving and idea generation from childhood to adulthood. In: B. Barbot (ed.), *Perspectives on creativity development. New Directions for Child and Adolescent Development.* 151, 61–72

*Chein J. M., Weisberg R.W.* 2014. Working memory and insight in verbal problems: analysis of compound remote associates. *Mem. Cogn.* 42, 67–83.

*Clark L., Bechara A., Damasio H., et al.* 2008. Differential effects of insular and ventromedial prefrontal cortex lesions on risky decision making. *Brain.* 131, 1311–1322.

*Cousijn J. P. Koolschijn C. M. P, Zanolie K., et al.* 2014. The relation between gray matter morphology and divergent thinking in adolescents and young adults. 9 (12), e114619.

*Cuevas K., Bell M.A.* 2014. Infant attention and early childhood executive function *Child Dev.* 85, 397–404.

*Darowski E. S., Helder E., Zacks R. T., et al.* 2008. Age-related differences in cognition: the role of distraction control. *Neuropsychology.* 22, 638–644.

*De Dreu, C.K.W., Nijstad, B.A., Baas, M., et al.* 2012. Working memory benefits creative insight, musical improvisation and original ideation through maintained task-focused attention. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* 38, 656–669.

*Dempster F. N., Corkill, A. J.* 1999. Interference and inhibition in cognition and behavior: Unifying themes for educational psychology. *Educ. Psychol. Rev.* 11, 1-88.

*DeYoung C.G., Hirsh J.B., Shane M.S., et al.* 2010. Testing predictions from personality neuroscience: Brain structure and the Big Five. *Psychol Sci.* 21, 820–828.

*Diaconescu A. O., Hasher L., McIntosh A. R.* 2013. Visual dominance and multisensory integration changes with age. *Neuroimage* 65, 152–166.

*Diamond A.* 2013. Executive functions. *Annu. Rev. Psychol.* 64, 35–68.

*Dietrich A., Kanso R.* 2010. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychol. Bull.* 136, 822–848.

*Ellamil M., Dobson C., Beeman M., Christoff K.* 2012. Evaluative and generative modes of thought during the creative process. *NeuroImage.* 59, 1783–1794.

*Evans J.* 2008. Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Ann. Rev. Psychol.* 59, 255-278.

*Fink A., Grabner R.H., Benedek M., Neubauer A.C.* 2006. Divergent thinking training is related to frontal electroencephalogram alpha synchronization. *Europ. J. Neurosci.* 23, 2241–2246.

*Fink A., Grabner R.H., Benedek M., et al.* 2009. The creative brain: investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and fMRI. *Hum Brain Mapp.* 30, 734-748.

*Fink A., Koschutnig K., Hutterer L., et al.* 2014. Gray matter density in relation to different facets of verbal creativity. *Brain Struct Funct.* 219,1263-1269.

*Fling B.W., Peltier S. J., Bo J. et al.* 2011. Age differences in interhemispheric interactions: callosal structure, physiological function, and behavior. *Frontiers in Neurosci.* 5, 38.

*Foos P.W., Boone D.* 2008. Adult age differences in divergent thinking: it's just a matter of time. *Educ. Gerontol.* 34, 587–594

*Garon N., Bryson S. E., Smith I. M.* 2008. Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychol. Bull.* 134, 31-60.

*Gazzaley A., Cooney J.W., McEvoy K., et al.* 2005. Top-down enhancement and suppression of the magnitude and speed of neural activity. *J. Cogn. Neurosci.* 17, 507–517.

*Giedd J. N., Lalonde F. M., Celano M. J., et al.* 2009. Anatomical brain magnetic resonance imaging of typically developing children and adolescents. *J. Amer. Acad. Child and Adolescent Psychiatry.* 48, 465–470.

- Gilbert S.J., Spengler S., Simons J.S., et al. 2006. Functional specialization within rostral prefrontal cortex (area 10): a meta-analysis. *J. Cogn. Neurosci.* 18, 932-948.
- German T.P., Defeyter M.A. 2000. Immunity to functional fixedness in young children. *Psychon Bull Rev.* 7, 707-712.
- Germain S., Collette F. 2008. Dissociation of perceptual and motor inhibitory processes in young and elderly participants using the Simon task. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 14, 1014-1021.
- Greenwood P.M. 2000. The frontal aging hypothesis evaluated. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 6, 705-726.
- Grégoire S., Rivalan M., Le Moine C., Dellu-Hagedorn F. 2012. The synergy of working memory and inhibitory control: Behavioral, pharmacological and neural functional evidences. *Neurobiology of Learning and Memory.* 97, 202-212.
- Hasher L., Zacks R.T. 1988. Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In: G.H. Bower (Ed.) *The psychology of learning and motivation.* San Diego, CA: Academic Press. 22, 193-225.
- Hasher L., Zacks R. T., Rahhal T. A. 1999. Timing, instructions, and inhibitory control: Some missing factors in the age and memory debate. *Gerontology.* 45, 355-357.
- Hélie S., Sun R. 2010. Incubation, insight, and creative problem solving: a unified theory and a connectionist model. *Psychol Rev.* 117, 994-1024.
- Houde O., Borst G. 2015. Evidence for an inhibitory-control theory of the reasoning brain. *Frontiers in Human Neurosci.* 9, 148.
- Huang P., Qiu L., Shen L., et al. 2013. Evidence for a left-over-right inhibitory mechanism during figural creative thinking in healthy non artists. *Hum. Brain Mapp.* 34, 2724-2732.
- Hughes C. 1998. Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British J. Develop Psychol.* 16, 233-253.
- Jauk E., Neubauer A.C., Dunst B., Fink A., Benedek M. 2015. Gray matter correlates of creative potential: a latent variable voxel-based morphometry study. *Neuroimage.* 111, 312-320.
- Jung R.E., Mead B.S., Carrasco J., Flores R.A. 2013. The structure of creative cognition in the human brain. *Front Hum Neurosci.* 7, 330.
- Jung R. E., Segall J. M., Bockholt J.H., et al. 2010. Neuroanatomy of creativity. *Hum. Brain Mapp.* 31, 398-409.
- Karbach J., Verhaeghen P. 2014. Making working memory work: a meta analysis of executive-control and working memory training in older adults. *Psychol. Sci.* 25, 2027-2037.
- Kleibecker, S.W., De Dreu, C.K.W., Crone, E.A. 2013. The development of creative cognition across adolescence: distinct trajectories for insight and divergent thinking. *Develop. Sci.* 16, 2-12.
- Kleibecker S. W., De Dreu C. K. W., Crone, E. A. 2016. Creativity development in adolescence: Insight from behavior, brain, and training studies. In: B. Barbot (Ed.). *Perspectives on creativity development.* New Directions for Child and Adolescent Development. 151, 73-84.
- Kounios J., Beeman M. 2014. The cognitive neuroscience of insight. *Annu. Rev. Psychol.* 65, 71-93.
- Kramer D.G., Larish H.J.E., Logan G.D., Strayer D.L. 1994. Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and Aging.* 9, 491-512.
- Lau S., Cheung P. C. 2010. Developmental trends of creativity: What twists of turn do boys and girls take at different grades? *Creativity Research J.* 22, 329-336.
- Levinson D.B., Smallwood J., Davidson R.J. 2012. The persistence of thought: Evidence for a role of working memory in the maintenance of task-unrelated thinking. *Psychol Sci.* 23, 375-380.
- Lee C. S., Theriault D. J. 2013. The cognitive underpinnings of creative thought: A latent variable analysis exploring the roles of intelligence and working memory in associative, divergent, and convergent thinking processes. *Intelligence.* 41, 306-320.
- Legon W., Punzell S., Dowlati E., Adams S.E., Stiles A.B., Moran R.J. 2016. Altered prefrontal excitation/inhibition balance and prefrontal output: Markers of aging in human memory networks. *Cereb Cortex.* 26, 4315-4326.
- Liew J. 2011. Effortful control, executive functions, and education: bringing self-regulatory and socialemotional competencies to the table. *Child Dev. Perspect.* 6, 105-111.

- Lindenberger U, Ghisletta P. 2009. Cognitive and sensory declines in old age: Gauging the evidence for a common cause. *Psychology and Aging*. 24,1–16.
- Liu Q., Zhu X., Ziegler A., Shi J. 2015. The effects of inhibitory control training for preschoolers on reasoning ability and neural activity. *Sci. Reports*, 14200.
- Lovden M., Laukka E.J., Rieckmann A. et al. 2013. The dimensionality of between-person differences in white matter microstructure in old age. *Hum. Brain. Mapp.* 34, 1386–1398.
- Luna B., Marek S., Larsen B., et al. 2015. An integrative model of the maturation of cognitive control. *Annu. Rev. Neurosci.* 38,151–170.
- Lunt L., Bramham J., Morris R.G., et al. 2012. Prefrontal cortex dysfunction and “jumping to conclusions”: bias or deficit? *J. Neuropsychol.* 6, 65–78.
- Madden D.J., Bennett I.J., Burzynska A. et al. 2012. Diffusion tensor imaging of cerebral white matter integrity in cognitive aging. *Biochim Biophys Acta.* 1822, 386–400.
- Madore K.P., Jing H.G., Schacter D.L. 2016. Divergent creative thinking in young and older adults: extending the effects of an episodic memory. *Mem. Cognit.* 44, 974-988.
- Maraver M.J., Bajo L. M. T., Gomez-Ariza C.J. 2016. Training on working memory and inhibitory control in young adults. *Frontiers in Human Neuroscience.* 10, 588.
- Melby-Lervåg M, Redick TS, Hulme C. 2016. Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of "Far Transfer": Evidence from a Meta-Analytic Review. *Perspect Psychol Sci.* 11, 512-34.
- Mihov K.M., Denzler M., Förster J. 2010. Hemispheric specialization and creative thinking: A meta-analytic review of lateralization of creativity. *Brain and Cognition.* 72, 442–448
- Moffitt T.E. 2012. Childhood self-control predicts adult health, wealth, and crime // *Multi-Discipl. Symp. Improv. Well-Being Children Youth.* Copenhagen.
- Moffitt T.E., Arseneault L., Belsky D., Dickson N., Hancox R.J., et al. 2011. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 108, 2693–2698.
- Mozolic J. L., Hugenschmidt C.E., Peiffer A.M., Laurienti P.J. 2012. Multisensory integration and aging. In: M.M. Murray, M.T. Wallace (Eds.) *The Neural Bases of Multisensory Processes* Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis.
- Muraven M. 2010. Building self-control strength: Practicing self-control leads to improved self-control performance. *J. Exp. Soc. Psychol.* 46, 465–468.
- Norman D.A., Shallice T. 1986. Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In: R. Davidson, R. Schwartz, D. Shapiro (eds.), *Consciousness and Self-Regulation. Advances in Research and Theory.* N-Y: Plenum Press. 4, 1–18.
- Palmiero M., Nori R., Piccard L. 2016. Verbal and visual divergent thinking in aging. *Exp. Brain Res.* 235, 1021-1029.
- Park D.C., Reuter-Lorenz P. 2009. The adaptive brain: Aging and neurocognitive scaffolding // *Ann. Rev. Psychol.* 60, 173–196.
- Petsche H., Kaplan S., von Stein A., Filz O. The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks // *Int. J. Psychophysiol.* 1997. 26. 1–3. 77–97.
- Qiu J., Li H., Jou J., et al. 2010. Neural correlates of the “Aha” experiences: evidence from an fMRI study of insight problem solving. *Cortex.* 46, 397–403.
- Radel R, Davranche K, Fournier M, Dietrich A. 2015. The role of (dis)inhibition in creativity: decreased inhibition improves idea generation. *Cognition.* 134,110-120.
- Randall J.G., Oswald F.L, Beier M.E. 2014. Mind-wandering, cognition, and performance: a theory-driven meta-analysis of attention regulation. *Psychol Bull.* 140,1411-1431.
- Razumnikova O.M. 2007. Creativity related cortex creativity in the remote associates task. *Brain Res. Bull.* 73, 96–102.
- Razumnikova O.M., Volf N.V. 2015. Creativity-related hemispheric selective processing: correlations on global and local levels of attentional set. *Creativity Res. J.* 27, 394-399.
- Rebok G.W., Carlson M.C., Langbaum J.B.S. 2007. Training and maintaining memory abilities in healthy older adults: Traditional and novel approaches. *J. Gerontol. Psychol. Sci. Soc. Sci.* 62, 53–61.

- Reese H.W., Lee L.-J., Cohen S.H., Puckett J. M.Jr. 2001. Effects of intellectual variables, age, and gender on divergent thinking in adulthood. *Intern. J. Behav. Develop.* 25, 491-500.
- Rozas A.X., Juncos-Rabadán O., González M.S. 2008. Processing speed, inhibitory control, and working memory: three important factors to account for age-related cognitive decline. *Int J Aging Hum Dev.* 66, 115-130.
- Salthouse T.A., Soubelet A. 2014. Heterogeneous ability profiles may be a unique indicator of impending cognitive decline. *Neuropsychology.* <http://dx.doi.org/10.1037/neu0000100>.
- Sampaio A., Soares J.M., Coutinho J., et al. 2014. The Big Five default brain: functional evidence. *Brain Struct. Funct.* 219, 1913-1922.
- Sandberg P, Rönnlund M, Nyberg L, Stigsdotter Neely A. 2014. Executive process training in young and old adults. *Neuropsychol Dev. Cogn. B Aging Neuropsychol Cogn.* 21, 577-605.
- Sandberg P, Stigsdotter N.A. 2016. Long-term effects of executive process training in young and old adults. *Neuropsychol Rehabil.* 26, 761-782.
- Sylvain-Roy S., Lungu O., Belleville S. 2015. Normal aging of the attentional control functions that underlie working memory. *J. Gerontol. B Psychol. Sci. Soc. Sci.* 70, 698-708.
- Smeekens B.A., Kane M.J. 2016. Working memory capacity, mind wandering, and creative cognition: An individual-differences investigation into the benefits of controlled versus spontaneous thought. *Psychol Aesthet Creat Arts.* 10, 389-415.
- Swingler M. M., Willoughby, M. T., Calkins, S. D. 2011. EEG power and coherence during preschoolers' performance of an executive function battery. *Dev Psychobiol.* 53, 771-784.
- Thoma V., White E., Panigrahi A., Strowger V., Anderson I. 2015. Good thinking or gut feeling? Cognitive reflection and intuition in traders, bankers and financial non-experts. *PLoSOne.*10(4), e0123202.
- Tsai K.C. 2013. A review of the inquiry of creativity in older adults in journals. *British J. Education* 1, 20-28.
- Vartanian O. 2009. Variable attention facilitates creative problem solving. *Psychol. Aesthetics, Creativity, and the Arts.* 3, 57-59.
- West R.L. 1996. An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychol. Bull.* 120, 272-292.
- Willoughby M. T., Kupersmidt J. B. Voegler-Lee M. E. 2012. Is preschool executive function causally related to academic achievement? *Child Neuropsychol.* 18, 79-91.
- Zabelina D., Saporta A., Beeman M. 2016. Flexible or leaky attention in creative people? Distinct patterns of attention for different types of creative thinking. *Mem Cognit.* 44, 488-498.
- Zanto T.P., Toy B., Gazzaley A. 2010. Delays in neural processing during working memory encoding in normal aging. *Neuropsychologia.* 48, 13-25.
- Zinke K., Zeintl M., Rose N.S., et al. 2014. Working memory training and transfer in older adults: effects of age, baseline performance, and training gains. *Dev Psychol.* 50, 304-315.
- Zmigrod S., Zmigrod L., Hommel B. 2015. Zooming into creativity: individual differences in attentional global-local biases are linked to creative thinking. *Front Psychol.* 6,1647.

Разумникова Ольга Михайловна

проф. кафедры психологии и педагогики Новосибирского государственного технического университета, гл.н.с. НИИ физиологии и фундаментальной медицины, Новосибирск  
[razum@physiol.ru](mailto:razum@physiol.ru)

Николаева Елена Ивановна

проф. кафедры возрастной психологии и педагогики семьи Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург  
[klemtina@mail.ru](mailto:klemtina@mail.ru)