

ИЗМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНИ

Ф. КРЕЙК, И. БЯЛЫСТОК



Крейк Фергюс (Craik Fergus) — ведущий исследователь Исследовательского института Ротмана и почетный (эмеритус) профессор университета Торонто (Канада), член Канадского королевского научного общества. Получил образование в Эдинбурге и Ливерпуле, преподавал в университетах Лондона и Торонто.

Область научных интересов: человеческая память, а также изменения в памяти и когнитивных функциях, связанные с возрастом. В 1972 г. вместе с Робертом Локхартом предложил теорию «уровней переработки» в исследовании памяти. Издал 9 книг и написал около 200 статей и глав монографий.

Контакты: fcraik@rotman-baycrest.on.ca



Бялысток Иллин (Bialystok Ellen) — ассоциированный исследователь Исследовательского института Ротмана (Канада), член Канадского королевского научного общества, имеет почетное звание выдающегося профессора исследований Йоркского университета. Многие исследования И. Бялысток связаны с билингвизмом и его влиянием на когнитивное развитие детей, а также на смягчение эффектов когнитивного старения. Автор 6 книг и более 100 научных статей.

Контакты: ellenb@yorku.ca

Резюме

Хотя и развитие когнитивных способностей у детей, и спад когнитивных функций в пожилом возрасте изучались очень подробно, эти две области когнитивной науки все еще существуют относительно независимо друг от друга. В какой-то степени такое взаимное игнорирование отражает факт, что эти две области делают акцент на различных аспектах когнитивных функций. Очевидно, что единая теория развития когнитивных функций в течение жизни должна предложить единые механизмы, лежащие в основе роста и спада. В данной статье мы предлагаем подход, основанный на понятиях репрезентации и управления. Когнитивные репрезентации формируются в процессе развития и остаются относительно стабильными во взрослом возрасте, в то время как управляющие функции после стремительного развития в детстве в позднем возрасте теряют свою эффективность. Результаты выполнения заданий, задействующих восприятие, внимание, память, мышление и речь, отражают взаимодействие этих двух основных факторов когнитивной системы. Задача будущего — найти соответствие этих когнитивных конструктов в нейробиологии.

Психология, биология и лингвистика вносят свой вклад в понимание различных аспектов развития и старения человека. Психологи показали, что в развитии когнитивных функций, начиная с младенчества и заканчивая периодом ранней взрослости, наблюдается резкий подъем, после чего некоторые из этих функций остаются стабильными, а другие к старости угасают. В то же время стало очевидно: утверждение о том, что когнитивное старение — это «развитие наоборот», является чрезмерным упрощением.

Как показывает биология, хотя все 10 миллиардов нейронов, составляющих мозг человека, присутствуют в момент рождения, размер и вес мозга увеличиваются в 4–5 раз в период между младенчеством и взрослостью благодаря бурному росту синаптических связей между нейронами (серое вещество) и миелинизации нервных волокон (белое вещество). Объем серого вещества в коре увеличивается до подросткового возраста, что является отражением синаптического роста, но уже с 20 лет начинает плавно уменьшаться вследствие элиминации синапсов. Развитие объема серого вещества можно описать параболической функцией, пик которой варьирует в зависимости от области мозга: около 12 лет для лобных и теменных долей, 16 лет — для височных долей и 20 — для затылочных (Giedd et al., 1999).

Сокращение количества синапсов в значительной степени детерминировано средовыми влияниями и менее выражено, если человек осваивает в течение жизни новые явления действительности. Изменение плотности серого вещества также связано

с научением: Мекелли с соавт. сообщает о корреляции между плотностью серого вещества в левой нижней теменной коре и уровнем владения вторым языком (Mechelli et al., 2004).

В то время как изменения серого вещества зависят от среды, изменения белого вещества контролируются в основном генетически. Миелинизация начинается до рождения в филогенетически более старых областях мозга — в стволе и спинном мозге — и продолжается в подкорковых структурах, а затем и в коре. В теменной коре миелинизация продолжается до подросткового возраста, а в лобных долях процесс завершается лишь к 30 годам. С этого времени негативные эффекты старения начинают проявляться в обратном порядке — белое вещество в лобных долях в большей степени подвержено атрофии и в большей степени уязвимо в случае повреждения сосудов, снабжающих кровью мозг.

Таким образом, развитие и старение мозга представляет весьма многомерную картину, связанную с рассогласованием в темпах развития и разрушения белого и серого вещества, а также с рассогласованием времени созревания и деградации отдельных участков мозга и нейронных сетей. Начинаясь уже в 20 лет процессы уменьшения количества серого вещества идут до 30-летнего возраста на фоне набирающей силу миелинизации волокон в лобных долях. При этом префронтальные области, раньше других обнаруживающие формирование синаптических связей, оказываются более поздними в плане развития белого вещества. Совокупность этих фактов приводит к заключению, что развитие

и старение не могут быть описаны в виде единого процесса, они включают много процессов, образующих в комплексе сложную систему.

Различия между возрастными наблюдаются и в сфере локализации когнитивных функций. Кортикальная активация у маленьких детей является в большей степени билатеральной, но по мере того, как повышается уровень овладения определенным видом деятельности, активация становится более локализованной и латерализованной (Stiles et al., 2003). Пожилой возраст снова характеризуется более билатеральным паттерном активации по сравнению с периодом ранней взрослости (Cabeza, 2002).

Эффективность когнитивного функционирования связана, по-видимому, с совокупностью физиологических факторов: и со степенью миелинизации, и с сохранностью белого вещества, и с плотностью и богатством синаптических связей, и со спецификой элиминации синапсов. Однако сами по себе физиологические процессы созревания, разрушения или активации определенных участков мозга не являются механизмами, достаточными для объяснения когнитивных изменений.

Репрезентации и управляющие процессы в развитии когнитивных способностей

Мы предполагаем, что процессы когнитивного развития и инволюции в течение жизни во многом могут быть поняты, если мы рассмотрим их с точки зрения взаимодействия репрезентаций и управляющих структур. Репрезентации — это совокупность схем, составляющих основу па-

мяти и знаний о мире; управляющие процессы — совокупность операций, которые отвечают за произвольную переработку информации и адаптивное когнитивное функционирование.

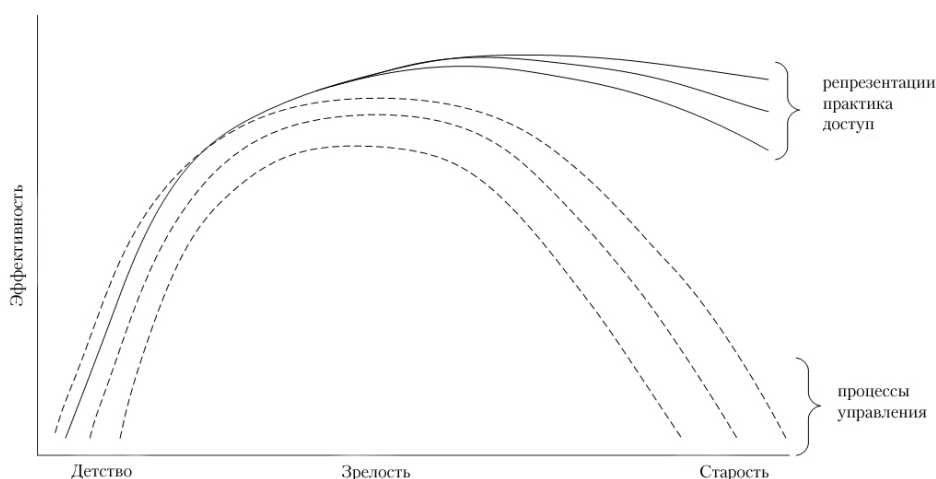
Основная задача управляющих процессов — преодолеть доминирующий режим автоматического поведения «по умолчанию» (Mesulam, 2002) и позволить человеку направлять селективное внимание, концентрироваться на определенной задаче, делать выбор, соответствующий поставленным целям, облегчать обучение новому и делать поведение более адаптивным. Это преодоление доминирующей тенденции реагирования обычно сопровождается осознанием, что связывает управляющие функции с идеей рабочей памяти, которая тоже подразумевает осознанность (Baddeley, 2000; Engle et al., 1999).

Репрезентации и управляющие системы взаимодействуют. Примеры взаимодействия репрезентаций и управляющих функций приводятся в работе Бревера с соавт. (Braver et al., 2001), которые предполагают, что в рабочей памяти активируются определенные аспекты существующих репрезентаций в качестве своего рода внутреннего контекста для поддержания соответствующих операций по обработке информации. Мы считаем, что управление не является внешним в отношении репрезентаций конструктом, а определяет конкретный способ использования репрезентаций.

Мы предполагаем, что количество репрезентативных знаний значительно растет в детстве, продолжает медленно увеличиваться у взрослых и остается относительно стабильным в старости (рис. 1). Мощность, скорость

Рис. 1

Траектории развития репрезентативных систем и функций контроля в течение жизни



и сложность когнитивного управления, напротив, возрастают в период с младенчества до ранней взрослости, после чего наступает спад, как показано на рис. 1.

Связанные с возрастом изменения в сенсорных и моторных процессах являются третьим компонентом когнитивного развития и спада. Например, было обнаружено, что эффективность этих процессов высоко коррелирует с общим когнитивным функционированием как в детстве, так и в пожилом возрасте (Li et al, 2004; Baltes, Lindenberger, 1997). Хотя мы не будем обсуждать подробно эти процессы, важно помнить, что изменения в этой элементарной «биологической механике» являются ключевыми предшественниками изменений как в репрезентациях, так и в функциях управления. В следующих разделах мы рассмотрим изменения репрезентаций и управляю-

щих процессов по отдельности, а затем — следствия их взаимодействия.

Изменения репрезентаций в течение жизни

Усвоение языка является примером системы репрезентаций, которая быстро развивается в детстве и сохраняется до пожилого возраста (Wingfield, Stine-Morrow, 2000; Kemper, in press; Light, Burke, 1988). Другими примерами являются общие знания (Hedden et al., 2005), процедурные навыки, такие, как игра на музыкальных инструментах (Krampe, Ericsson, 1996) и сложные игры типа шахмат или бриджа (Mireles, Charness, 2002).

Такие репрезентации остаются стабильными на протяжении жизни, однако с тремя оговорками. Во-первых, несмотря на хорошую сохранность существующих знаний, с возрастом

формирование новых репрезентаций становится проблематичным (Park et al., 2002). Во-вторых, сохранение как декларативных, так и процедурных знаний зависит от частоты их использования и практики, что особенно характерно для навыков высокого уровня, какими являются, например, навыки музыкантов (Krampe, Ericsson, 1996). В-третьих (этот пункт мы будем обсуждать в разделе, касающемся компетентности), репрезентации зависят от доступа к адекватным уровням управления.

Общепризнано, что системы репрезентаций организованы иерархически: общие (концептуальные, свободные от контекста) знания занимают высшие уровни, а конкретные эпизодические воспоминания (Nelson, 1996; Craik, 2002), лексическая и фонологическая информация (Burke et al., 2000) и примеры категорий занимают более низкие уровни. Дети имеют хороший доступ к более низким уровням и постепенно строят понятийное знание на более высоких уровнях. Пожилые люди сохраняют доступ к высшим понятийным уровням, но постепенно теряют возможность использовать знания более низких уровней, что приводит к неспособности вспомнить какое-либо имя, слово или событие (Burke et al., 2000; Brainerd, Reyna, 1990; Daniels et al., in press).

Это представление хорошо соотносится с идеей о дедифференциации, предложенной Бэлтсом и Линденбергом с соавт. (Baltes et al., 1980; Lindenberger, von Oertzen, in press). Точно так же, как в детстве системы знаний дифференцируются в субсистемы, на более поздних этапах развития процесс обращается в проти-

воположный: эти субсистемы разрушаются и в конце концов исчезают совсем. Другие исследователи отвергают идею дедифференциации, вместо этого, однако, предполагая, что одни процессы остаются стабильными в старости, а другие теряют свою эффективность (Zelinski, Lewis, 2003). Являются ли эти потери следствием изменений в возможности доступа к репрезентациям или следствием утраты самих репрезентаций — это вопрос будущих исследований.

Изменения когнитивного управления в течение жизни

Лобные доли коры головного мозга играют ключевую роль в планировании, принятии решений, разрешении конфликтов и управлении собственными когнитивными функциями. Некоторые пациенты с обширными поражениями лобных долей демонстрируют «полевое» поведение — их реакции определяются текущим контекстом (вид ниток спровоцирует действие сшивания, тарелка с едой заставит человека начать есть), т. е. поведение управляется внешним окружением (L'Hermitte, 1986). Лобные доли — последние участки коры, формирующиеся в детстве (Giedd et al., 1999; Casey et al., 2005), и они же первыми подвергаются разрушению в процессе старения (Raz, 2000). Следовательно, можно было бы ожидать, что управляющие функции, реализация которых опосредуется лобными долями, должны постепенно развиваться в детстве и постепенно разрушаться в процессе старения, при этом маленькие дети и пожилые люди оказываются наиболее подверженными влиянию внешней среды.

Опубликованные результаты исследований в целом соответствуют этому предположению (Diamond, 2002; West, 1996). Пик развития когнитивного управления приходится на конец второго — начало третьего десятилетия жизни, и далее наблюдается спад. Однако траектория этого спада опосредуется многими факторами, среди которых наиболее очевидные — генетическая предрасположенность, здоровье, физическое состояние и травмы.

Примером изменений, происходящих с функцией когнитивного управления в течение жизни, являются исследования переключения между заданиями (Mayr, 2001; Reimers, Maylor, 2005; Meiran, Gotler, 2001). В одном из этих исследований (Reimers, Maylor, 2005) более 5000 испытуемых, чей возраст составлял от 10 до 66 лет, выполняли через Интернет тест на переключение между заданиями. В каждой пробе на экране компьютера появлялось одно из четырех лиц — веселая женщина, грустная женщина, веселый мужчина или грустный мужчина. Задача испытуемых заключалась в том, чтобы как можно быстрее классифицировать каждое лицо по одному из двух признаков — пол или испытываемая эмоция. В серии проб инструкция либо сохранялась постоянной (например, классифицировать по признаку «пол»), либо менялась, образуя повторяющиеся последовательности ААВВ.

Вычислялись два показателя управления. «Цена общего переключения» (иногда называемая «Ценой смещения») отражает разницу во времени реакции между пробами в сериях со сменой инструкции и пробами в сериях с постоянной инструк-

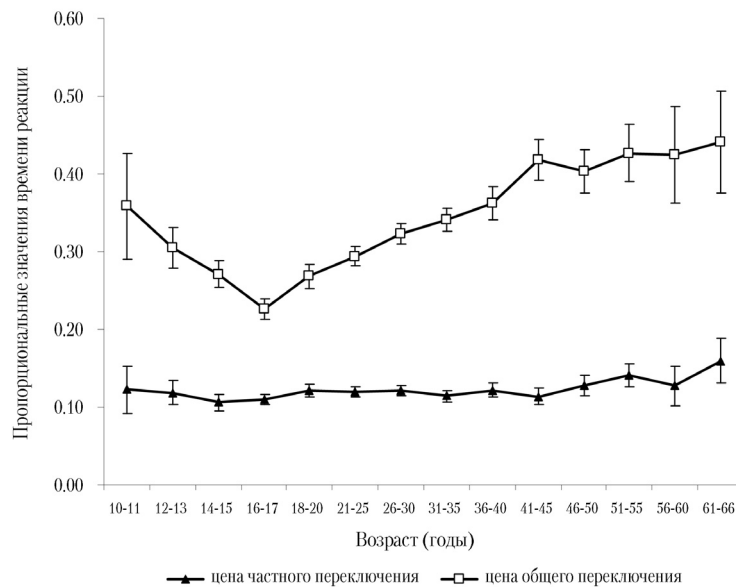
цией. «Цена частного переключения» отражает различия во времени классификации между парами проб с переключением (АВ или ВА) и парами проб без переключения (АА или ВВ) в серии проб со сменой инструкции. Значения на рис. 2 пропорциональные, т.е. соответствующие значения времени реакции, поделенные на базовые значения времени реакции. Базовым значением для «общего переключения» были серии с постоянной инструкцией, а для «частного переключения» — время реакции в пробах без переключения в сериях со сменой инструкции. Судя по данным выборки, значения «цены частного переключения» очень мало меняются в зависимости от возраста, но наблюдается выраженная параболическая зависимость между возрастом и «ценой общего переключения» (рис. 2., см.: Reimers, Maylor, 2005).

Одно из предположений, почему U-образная зависимость найдена только для «общего переключения», состоит в том, что такого рода задание требует одновременного удержания в рабочей памяти двух противоположных задач (Diamond, in press). Другая точка зрения заключается в том, что в смешанных сериях каждый стимул вызывает две противоположные тенденции реагирования, что требует развитых механизмов управления для выбора правильного ответа (Mayr, 2001; Rubin, Meiran, in press).

В исследованиях, использующих другие парадигмы — Висконсинский тест сортировки (Fristoe et al., 1997), координация задач (Mayr et al., 1996), контроль торможения (Hasher et al., 1999), результаты воспроизводят тот же паттерн спада управляющих функций в зрелом возрасте.

Рис. 2

Время реакции как функция возраста в тесте на переключение между заданиями для «общего» и «частного» переключения (значения погрешностей – стандартные ошибки среднего)



Существуют также примеры перевернутой U-образной возрастной траектории управляющих функций, сочетающейся у тех же испытуемых с неизменными показателями автоматической переработки. Например, Зелазо с соавт. использовал процедуру диссоциации процессов Якоби для анализа выполнения задания на завершение слов (Zelazo et al., 2004). Испытуемые должны были завершить трехбуквенные основы слов (например, СНА-, GRA-), либо используя слова из предъявленных ранее на слух или зрительно списков слов (условие «Включение»), либо только словами, предъявленными на

слух, не используя слова, предъявленные зрительно (условие «Исключение»).

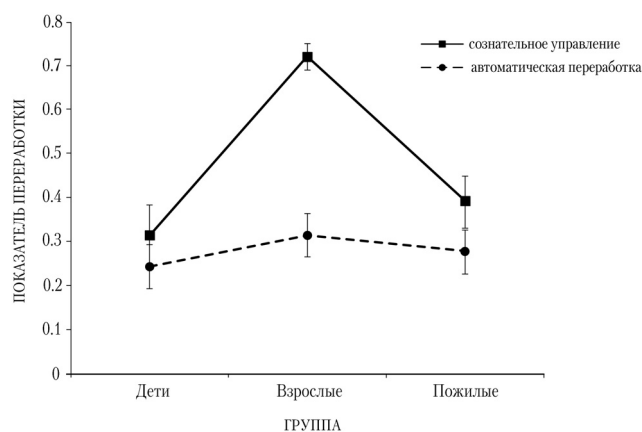
Разница между завершением с использованием слов из списка, предъявленного зрительно, в условии «Включение» (в соответствии с инструкцией) и в условии «Исключение» (невыполнение инструкции) являлась показателем сознательного управления. Показатель автоматической переработки у испытуемых повышался при использовании слов как из списка, санкционированного инструкцией, так и из списка, пользоваться которым было запрещено согласно инструкции¹ (Daniels et al.,

¹Показатель автоматической переработки вычислялся по формуле: $E/(1-R)$, где E – использование слов из списка, предъявленного зрительно, в условии «Исключение» (невыполнение инструкции), а R – показатель сознательного управления.

Рис. 3

Показатели автоматической переработки и сознательно управляемого воспроизведения в задании на завершение слов в разных возрастных группах

Средний возраст в группах: дети — 8.8 лет, взрослые — 22.3, пожилые — 71.1



in press). На рис. 3 показано, что сознательно контролируемое воспроизведение подчиняется выраженной параболической зависимости от возраста, в то время как показатели автоматической переработки существенно не изменяются с 9 до 70 лет (Zelazo et al., 2004).

Влияние билингвизма на когнитивное управление

Показано, что эффективность когнитивного управления подвержена тренировке, улучшающей способность детей направлять внимание после обучения (Posner, Rothbart, 2005). Подобный опыт, приобретаемый в естественных условиях, может давать сходный эффект. Люди, играющие в видеоигры, демонстрируют лучшее по сравнению с неиграющими когнитивное управление в ряде заданий на зрительное внимание (Castel, 2005; Green, Bavelier,

2003). Для билингвов необходимость распределять внимание между двумя конкурирующими, но активными языковыми системами (Green, 1998) предоставляет возможность постоянной практики сознательного управления. Среди детей 4–8 лет билингвы более успешны в решении задач на управление вниманием, особенно если задания включают вводящие в заблуждение или противоречивые перцептивные признаки (Bialystok, Shapero, 2005; Bialystok, Martin, 2004). Дети-билингвы обычно выполняют задания на уровне детей-монолингвов, которые на год старше их.

Показано, что это преимущество сохраняется в течение жизни. В пожилом возрасте спад процессов управления менее значителен для билингвов, что увеличивает разрыв между билингвами и монолингвами в ситуациях, требующих вовлечения этих процессов (Bialystok et al., in press; Bialystok et al., 2004).

Компетентность: взаимодействие репрезентаций и управления

Репрезентации и управление — различные по сущности явления, так как они представляют разные аспекты переработки информации, развиваются в ответ на разные воздействия и, возможно, локализируются в разных участках мозга. Тем не менее между ними осуществляются широкие взаимодействия. Эти взаимодействия определяют то, что мы можем назвать «компетентностью».

Определенные постоянные занятия, связанные, например, с профессиональной деятельностью, могут привести к развитию высокоспециализированной системы репрезентаций. Полк и Фарах обнаружили, что канадские почтовые работники, которые постоянно обрабатывают смешанные последовательности цифр и букв (например, M6A 2E1), демонстрируют меньшую репрезентативную сегрегацию букв и цифр на психофизиологическом уровне (Polk, Farah, 1998). Сходным образом Скрибнер показала, что люди, работающие на одном и том же молочном заводе, развивают разные вычислительные навыки в зависимости от задач, стоящих перед ними (Scribner, 1984). В терминах Скрибнер, «процесс решения задачи реструктурируется знаниями и доступным набором стратегий».

Уровень компетентности в сложных навыках может не соответствовать базовым способностям людей. Солтхауз и Митчелл (Salthouse, Mitchell, 1990) показали, что результаты психометрических тестов на зрительно-пространственные способности хорошо диагностируют различия между молодыми архитек-

торами и неархитекторами, однако это отношение не сохраняется для более старшего возраста. Сходные результаты получены в исследовании 200 директоров банков (Colonia-Willner, 1998). Увеличение возраста связано со снижением результатов по тестам на логическое мышление, однако эти тесты не предсказывают управленческих способностей. Эти результаты позволяют предположить, что, хотя индивидуальные различия в определенных способностях могут способствовать выбору определенного профессионального занятия в юности, различия в компетентности спустя много лет зависят в большей степени от опыта и практики в данной области.

Целостная картина когнитивных изменений в течение жизни

Мы говорили о том, что когнитивное развитие в течение жизни может быть понято, с одной стороны, как рост и стабилизация систем репрезентаций и, с другой стороны, как рост и спад процессов управления, регулирующих эти системы. Таким образом, идея о том, что когнитивное старение — это лишь «развитие на оборот», слишком проста, даже если некоторые наиболее значительные аспекты когнитивных изменений действительно демонстрируют симметричный паттерн подъема и падения. Один из примеров — роль внешней среды в построении репрезентаций и осуществления процессов управления ими. В детстве и старости большинство когнитивных процессов запускается событиями внешнего мира; только в период ранней зрелости и в среднем возрасте поведение

человека действительно находится под контролем внутренних умственных процессов.

Наша модель помогает понять, почему области исследования когнитивного развития и когнитивного старения развивались независимо друг от друга, несмотря на то что и там и здесь изучаются в основе своей сходные проблемы. Из-за того, что когнитивные изменения на противоположных концах жизни кажутся поразительно разными, ученые, работающие в каждой из этих областей, концентрируют внимание на разных аспектах функционирования и исходят из разных теоретических предпосылок. При изучении развития основной акцент делается на изменениях репрезентаций по мере того, как ребенок строит согласованную основу для понимания мира. В изучении старения внимание главным образом уделяется спаду процессов управления, в ходе которого наблюдается потеря доступа к существующим знаниям, невозможность интеграции новой и имеющейся информации и трудности в своевременном

и адаптивном применении знаний. Это различие в акцентах отражается в доминирующем теоретическом подходе в каждой из областей и приводит к взаимному игнорированию. Подход, рассматривающий и репрезентации, и управление, дает возможность объединить эти факторы в ясное описание жизненного пути развития.

Наша цель — создать подход для интеграции явлений, с которыми мы сталкиваемся при изучении когнитивных изменений на разных этапах развития, в единое описание, которое подчеркивает преемственность процессов в течение жизни. Мы уверены, что, основываясь на различии репрезентаций и управления, можно добиться успеха в этом начинании и найти средства более детального описания их взаимосвязей, с тем чтобы составить наиболее полное представление о функционировании человеческого мышления.

*Перевод с англ. Е.А. Валугево
Научный редактор — Д.В. Ушаков*

Литература

Baddeley A.D. Short-term and working memory // *E. Tulving, F.I.M. Craik (eds.)*. The Oxford handbook of memory. Oxford University Press, 2000. P. 77–92.

Baltes P.B., Lindenberger U. Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: A new window to the study of cognitive aging? // *Psychol. Aging*. 1997. Vol. 12. P. 12–21.

Baltes P.B. et al. Integration versus differentiation of fluid/crystallized intelligence in old age // *Dev. Psychol.* 1980. Vol. 16. P. 625–635.

Bauer P.J. Early memory development // *U. Goswami (ed.)*. Blackwell handbook of childhood cognitive development. Blackwell, 2002. P. 127–146.

Bialystok E. et al. Bilingualism, aging, and cognitive control: Evidence from the

- Simon task // *Psychol. Aging*. 2004. Vol. 19. P. 290–303.
- Bialystok E. et al.* Dual modality monitoring in a classification task: The effects of bilingualism and aging // *Q. J. Exp. Psychol-A* (in press).
- Bialystok E., Martin M.M.* Attention and inhibition in bilingual children: Evidence from the dimensional change card sort task // *Developmental Science*. 2004. Vol. 7. P. 325–339.
- Bialystok E., Shapero D.* Ambiguous benefits: The effect of bilingualism on reversing ambiguous figures // *Developmental Science*. 2005. Vol. 8. P. 595–604.
- Brainerd C.J., Reyna V.F.* Gist is the grist: fuzzy-trace theory and the new intuitionism // *Dev. Rev.* 1990. Vol. 10. P. 3–47.
- Braver T. S. et al.* Context processing in older adults: Evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging // *J. Exp. Psychol. Gen.* 2001. Vol. 130. P. 746–763.
- Burke D.M. et al.* Theoretical approaches to language and aging // T. Perfect, E. Maylor, (eds.). *Models of cognitive aging*. Oxford University Press, 2000. P. 204–237.
- Cabeza R.* Hemispheric asymmetry reduction in older adults: The HAROLD model // *Psychol. Aging*. 2002. Vol. 17. P. 85–100.
- Casey B.J. et al.* Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? // *Trends Cogn. Sci.* 2005. Vol. 9. P. 104–110.
- Castel A.D. et al.* The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search // *Acta Psychologica*. 2005. Vol. 119. P. 217–230.
- Colonia-Willner R.* Practical intelligence at work: Relationship between aging and cognitive efficiency among managers in a bank environment // *Psychol. Aging*. 1998. Vol. 13. P. 45–57.
- Craik F.I.M.* Human memory and aging // M.L. Backman, C. von Hofsten, (eds.). *Psychology at the turn of the millennium*. Vol. 1. Psychology Press, 2002. P. 261–280.
- Daniels K. et al.* The aging of executive functions // E. Bialystok, F.I.M. Craik (eds.). *Lifespan cognition: Mechanisms of change*. Oxford University Press (in press).
- Diamond A.* Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy and biochemistry // D.T. Stuss, R.T Knight (eds.). *Principles of frontal lobe function*. Oxford University Press, 2002. P. 466–503.
- Diamond A.* The early development of executive functions // E. Bialystok, F.I.M. Craik (eds.). *Lifespan cognition: Mechanisms of change*. Oxford University Press (in press).
- Engle R.W. et al.* Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex // A. Miyake, P. Shah (eds.). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press, 1999. P. 102–134.
- Fristoe N. et al.* Examination of age-related deficits on the Wisconsin Card Sorting Test // *Neuropsychology*. 1997. Vol. 11. P. 428–436.
- Giedd J.N. et al.* Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study // *Nat. Neurosci.* 1999. Vol. 2. P. 861–863.
- Green C.S., Bavelier D.* Action video game modifies visual selective attention // *Nature*. 2003. Vol. 423. P. 534–537.
- Green D.W.* Mental control of the bilingual lexico-semantic system // *Bilingualism: Language and Cognition*. 1998. Vol. 1. P. 67–81.
- Hasher L. et al.* Inhibitory control, circadian arousal, and age // D. Gopher, A. Koriat

- (eds.). Attention and performance XVII. Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application. MIT Press, 1999. P. 653–675.
- Hedden T et al.* Contributions of processing ability and knowledge to verbal memory tasks across the adult life-span // *Quart. J. Exp. Psychol.* 2005. Vol. 58A. P. 169–190.
- Kemper S.* Language in Adulthood // E. Bialystok, F.I.M. Craik (eds.). *Lifespan cognition: Mechanisms of change.* . Oxford University Press (in press).
- Krampe R.T, Ericsson K.A.* Maintaining excellence: Deliberate practice and elite performance in young and older pianists // *J. Exp. Psychol. Gen.* 1996. Vol. 125. P. 331–359.
- L'Hermitte F.* Human autonomy and the frontal lobes. Part II: Patient behavior in complex and social situations: The «environmental dependency syndrome» // *Ann. Neurol.* 1986. Vol. 19. P. 335–343.
- Li S-C. et al.* Transformations in the couplings among intellectual abilities and constituent cognitive processes across the life span // *Psychol. Sci.* 2004. Vol. 15. P. 155–163.
- Light L.L., Burke D.M.* Patterns of language and memory in old age // L.L. Light, D.M. Burke (eds.). *Language, memory, and aging.* Cambridge University Press, 1988. P. 244–271.
- Lindenberger U., von Oertzen T.* Variability in cognitive aging: From taxonomy to theory // E. Bialystok, F.I.M. Craik (eds.). *Lifespan cognition: Mechanisms of change.* . Oxford University Press (in press).
- Mayr U.* Age differences in the selection of mental sets: The role of inhibition, stimulus ambiguity, and response-set overlap // *Psychol. Aging.* 2001. Vol. 16. P. 96–109.
- Mayr U. et al.* Sequential and coordinative processing dynamics in figural transformations across the lifespan // *Cognition.* 1996. Vol. 59. P. 61–90.
- Mechelli A. et al.* Structural plasticity in the bilingual brain // *Nature.* 2004. 431. P. 757.
- Meiran N., Gotler A.* Modeling cognitive control in task switching and ageing // *Europ. J. Cog. Psychol.* 2001. Vol. 13. P. 165–186.
- Mesulam M.M.* The human frontal lobes: Transcending the default mode through contingent encoding // D.T. Stuss, R.T. Knight (eds.). *Principles of frontal lobe function.* Oxford University Press, 2002. P. 8–30.
- Mireles D.E., Charness N.* Computational explorations of the influence of structured knowledge on age-related cognitive decline // *Psychol. Aging.* 2002. Vol. 17. P. 245–259.
- Nelson K.* *Language in cognitive development: Emergence of the mediated mind.* Cambridge University Press, 1996.
- Park D.C. et al.* Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span // *Psychol. Aging.* 2002. Vol. 17. P. 299–320.
- Polk T.A., Farah M.J.* The neural development and organization of letter recognition: Evidence from functional neuroimaging, computational modelling, and behavioural studies // *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences).* 1998. Vol. 95. P. 847–852.
- Posner M.I., Rothbart M.K.* Influencing brain networks: Implications for education // *Trends Cogn. Sci.* 2005. Vol. 9. P. 99–103.
- Raz N.* Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings // F.I.M. Craik, T.A. Salthouse (eds.). *The handbook of aging and cognition.* Erlbaum, 2000. P. 1–90.
- Reimers S., Maylor E.* Task switching across the life span: Effects of age on general and specific switch costs // *Dev. Psychol.* 2005. Vol. 41. P. 611–671.
- Rovée-Collier C.* Dissociations in infant memory: Rethinking the development of

implicit and explicit memory // *Psychol. Rev.* 1997. Vol. 104. P. 467–498.

Rubin O., Meiran N. On the origins of the task mixing cost in the cuing task-switching paradigm // *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cog* (in press).

Salthouse T.A., Mitchell D.R.D. Effects of age and naturally occurring experience on spatial visualization performance // *Dev. Psychol.* 1990. Vol. 26. P. 845–854.

Scribner S. Studying working intelligence // *J. Lave, B. Rogoff* (eds.). *Everyday cognition: Its development in social context.* Harvard University Press, 1984. P. 9–40.

Stiles J. et al. Exploring developmental change in the neural bases of higher cognitive functions: The promise of functional

magnetic resonance imaging // *Dev. Neuropsychol.* 2003. Vol. 24. P. 641–668.

West R.L. An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging // *Psychol. Bull.* 1996. Vol. 120. P. 272–292.

Wingfield A., Stine-Morrow E.A.L. Language and speech // *F.I.M. Craik, T.A. Salthouse* (eds.). *The Handbook of Aging and Cognition.* Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2000. P. 359–416.

Zelazo P.D. et al. Executive function across the lifespan // *Acta Psychologica.* 2004. Vol. 115. P. 167–183.

Zelinski E.M., Lewis K.L. Adult age differences in multiple cognitive functions: Differentiation, dedifferentiation, or process-specific change? // *Psychol. Aging.* 2003. Vol. 18. P. 727–745.