



ВОЗМОЖНОСТИ КОГНИТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ КАК МЕТОДА КОРРЕКЦИИ ВОЗРАСТНЫХ НАРУШЕНИЙ КОГНИТИВНОГО КОНТРОЛЯ¹

Б. Б. ВЕЛИЧКОВСКИЙ, МГУ им. М. В. Ломоносова, РНЦ «Курчатовский институт», Москва

Снижение эффективности когнитивного контроля является одним из наиболее характерных признаков когнитивного старения. Одним из способов предупреждения и коррекции нарушений когнитивного контроля в пожилом возрасте как наиболее характерного признака когнитивного старения является когнитивная тренировка. Прогресс в изучении элементарных контрольных функций позволяет дать теоретическое обоснование разработке эффективных программ когнитивной тренировки. В статье рассматриваются примеры применения методов тренировки элементарных когнитивных функций и анализируется их потенциал как средства коррекции возрастных когнитивных нарушений.

Ключевые слова: когнитивный контроль, управляющие функции, старение, когнитивная тренировка.

Переработка содержащейся в среде информации в целях адаптации к требованиям ситуации подвержена драматическим качественным и количественным изменениям в ходе индивидуального развития человека. Когнитивные функции бурно развиваются после рождения, достигая пика своего развития между 20 и 30 годами². По окончании этого периода наступает постепенное, но неуклонное снижение функционального потенциала когнитивной подсистемы психики (Craik, Bialystock, 2006). Это снижение происходит с различной скоростью для разных когнитивных функций и первоначально легко компенсируется рациональным использованием имеющихся в культуре и выработанных индивидуально внешних и внутренних средств поддержки познавательной деятельности (Salthouse, 2009). В большинстве случаев возрастные изменения в когнитивной сфере, становясь предметом сознательной рефлексии, не оказывают заметного негативного влияния на жизнедеятельность взрослого человека. С течением времени интенсивность нарушений возрастает, особенно после 60 лет. В этот период нарушения эпизодической и проспективной памяти, рабочей памяти, селективного внимания, общее снижение скорости переработки информации и другие характерные симптомы непатологического когнитивного старения проявляются достаточно сильно и не могут быть компенсированы с помощью традиционных поддерживающих средств. Результатом является выраженное снижение эффективности взаимодействий с материальной и социальной средой, что приводит к общему снижению качества жизни. Вследствие такой траектории когнитивного развития, а также постоянного роста продолжительности жизни населения в развитых странах исследования когнитивного старения в норме и патологии приобрели в последние годы особую значимость.

Возрастные дефициты когнитивной сферы особенно ярко проявляются в нарушениях функций так называемого *когнитивного* (исполнительного или исполнительного) *кон-*

¹ Настоящая работа поддержана грантом РФФИ 09-06-00293а.

² Максимальное значение ряда нейрофизиологических показателей (таких, как число и плотность синаптических связей), являющихся предпосылками специализированных перцептивных и лингвистических достижений, фиксируется в значительно более раннем возрасте (см.: Величковский, 2006).



троля (Salthouse et al., 2003). К области когнитивного контроля относят инициализацию, упорядочение, координацию и мониторинг специализированных когнитивных процессов, обеспечивающих решение отдельных когнитивных задач. Таким образом, когнитивный контроль в первую очередь связан с управлением целенаправленным поведением, что обуславливает его особую значимость в системе когнитивных функций человека.

В настоящее время имеется достаточное количество свидетельств, позволяющих ассоциировать реализацию функций когнитивного контроля с деятельностью лобных долей головного мозга, и в частности префронтальной коры. Так, например, типичные нарушения когнитивного контроля очень напоминают симптоматику так называемого «лобного синдрома» (или «дезэкузивного синдрома» – в современной терминологии) с его характерными нарушениями произвольного поведения (Miyake et al., 2000). Функции когнитивного контроля являются относительно поздним фило- и онтогенетическим приобретением, реализующим управление поведением на основе абстрактных правил в направлении «сверху – вниз». Как свидетельствуют дифференциально-психологические исследования, показатели когнитивного контроля тесно связаны с показателями так называемого текучего интеллекта, который, в отличие от кристаллизованного интеллекта, характеризующегося суммой накопленных за годы формального обучения структурированных знаний, является надежным предиктором успешности решения разнообразных жизненных задач.

Особый статус процессов когнитивного контроля как процессов, вовлеченных в реализацию практически всех неэлементарных видов когнитивной деятельности человека, обуславливает их необычайную значимость для успешности функционирования человека в целом. Вместе с тем именно функции когнитивного контроля (наряду с функциями эпизодической памяти) характеризуются выраженными возрастными нарушениями, в отличие, например, от процессов манипулирования схематическими знаниями, сохраняющими свою эффективность вплоть до глубокой старости (Staik, Bialystock, 2006). Негативный эффект возраста обнаруживается при выполнении целого ряда комплексных «лобных» тестов, традиционно используемых в нейропсихологии для оценки сохранности функций планирования и программирования поведения. Так, с возрастом значительно снижается эффективность выполнения Висконсинского теста сортировки карточек, задачи Струпа, тестов на вербальную беглость, многочисленных тестов типа «Ханойские башни» и других классических нейропсихологических заданий (Daniels et al., 2004). К сожалению, конструктивная валидность данных тестов не является достаточно высокой, так как содержание измеряемых ими процессов часто не очевидно. Возможно, именно поэтому для комплексных заданий упомянутого типа не всегда получают однозначные свидетельства существования негативного эффекта возраста. В целом, однако, можно полагать, что многочисленные возникающие с возрастом когнитивные нарушения, по крайней мере, частично обусловлены снижением эффективности работы системы когнитивного контроля (Salthouse et al., 2003). Теоретическая интерпретация таких результатов крайне проста: так как процессы когнитивного контроля вовлечены во все виды сложной когнитивной деятельности, снижение эффективности контрольных процессов приводит к неизбежному ухудшению когнитивного функционирования в целом.

Высокая значимость эффективности когнитивного функционирования в определении качества жизни взрослого человека ставит вопрос о способах преодоления и компенсации вызванных возрастом когнитивных нарушений. Целенаправленная тренировка когнитивных функций, подверженных возрастным изменениям, является одним из мето-



дов, позволяющим приблизиться к решению этой практически важной проблемы (Луо, Craik, 2008). Под тренировкой когнитивных функций (или когнитивной тренировкой) в настоящей работе понимается *систематическое распределенное во времени решения заданий, активирующих отдельные когнитивные функции, с целью устойчивого улучшения когнитивного функционирования*. При этом предполагается, что хотя улучшение когнитивного функционирования будет носить избирательный характер, оно будет выходить за пределы собственно тренируемых функций, т.е. тренировка будет демонстрировать известную степень *переноса*.

Когнитивная тренировка в последние годы пользуется растущей популярностью как метод компенсации когнитивных нарушений при различных заболеваниях и нормальном старении (Bissig, Lustig, 2007). Показано, что программы когнитивной тренировки могут быть успешными, приводя не только к кратковременному, но и к долговременному улучшению тренируемых функций, а также к переносу положительного эффекта на другие когнитивные функции, в результате чего могут возникать физиологические и структурные изменения мозга (McNab et al., 2009). Однако многие факторы, обуславливающие эффективность когнитивной тренировки, остаются невыясненными. Так, например, эффективность тренировки во многом определяется индивидуальными различиями и степенью активного участия испытуемого в выполнении тренировочных заданий (Bissig, Lustig, 2007). В целом разработка программ когнитивной тренировки и оценка их эффективности остается – несмотря на противоречивые результаты и недостаточную теоретическую обоснованность – перспективной областью психологических исследований, имеющей важное прикладное значение.

Влияния когнитивной тренировки на эффективность когнитивного контроля наиболее полно исследованы в случаях разнообразных патологий, для которых характерно наличие выраженных когнитивных дефицитов, – болезни Альцгеймера, болезни Паркинсона, инсультов, травм головного мозга, депрессии и особенно шизофрении (Acevedo, Loewenstein, 2007). Как правило, эти исследования свидетельствуют об успешности тренировочных воздействий, которые приводят к положительным сдвигам в выполнении классических тестов на когнитивный контроль. Так, например, в результате применения разнообразных методик компьютеризированной когнитивной тренировки у пациентов с шизофренией значительно улучшаются показатели выполнения Висконсинского теста сортировки карточек (Lopez-Luengo, Vazquez, 2003). При этом, как показывают результаты метааналитического исследования (Kurtz et al., 2001), величина эффекта тренировочных воздействий может достигать значения 0,96. Величина аналогичных эффектов в случае пациентов с болезнью Альцгеймера колеблется в пределах от 0,6 до 0,8, что также свидетельствует о выраженном улучшении контрольных функций в этой патологической популяции (Sitzer, Twamley, Jeste, 2006).

Компенсация дефицитов когнитивного контроля при нормальном старении изучена в гораздо меньшей степени, однако положительное влияние когнитивной тренировки на комплексные показатели когнитивного контроля может быть показано и в этом случае. Так, в одной из ранних работ (Kramer et al., 1999a) проводилась тренировка молодых и пожилых испытуемых в одновременном выполнении двух задач. Следует отметить, что координация множественных задач – *multitasking* – является типичной обязанностью гипотетического *центрального исполнителя*, ответственного за реализацию функций когнитивного контроля в теории рабочей памяти А. Бэддели. В результате интенсивной практики обе группы



испытуемых продемонстрировали повышение эффективности выполнения тренировочных заданий и перенос приобретенных навыков на новые задания. При этом возрастные различия в эффективности выполнения заданий после тренировки стали меньше тех же различий до тренировки, т. е. группа пожилых испытуемых в большей степени выиграла от примененного к обеим группам тренировочного воздействия. Указанный эффект достигался только в том случае, если тренировочная инструкция требовала постоянной смены приоритетности выполнения того или иного задания, что подчеркивало его динамический характер и предъявляло повышенные требования к контрольным функциям, таким, как умение быстро переключаться между конкурирующими видами активности и проявлять устойчивость к действию дистракторов.

Актуальным масштабным исследованием в области изучения эффективности когнитивной тренировки при нормальном старении является лонгитюдное исследование в рамках проекта ACTIVE (Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly, Сложная когнитивная тренировка для независимой и активной старости), реализованного в США в период с 1998 по 2004 год с участием более 2800 испытуемых. В рамках проекта была реализована серия из 10 тренировочных воздействий, включающих задания на индуктивные рассуждения, вербальную эпизодическую память и скорость обработки. Хотя в данном проекте не ставилась явная цель тренировки функций исполнительного контроля, многие компоненты тренировочных заданий предполагали наличие выраженного контрольного компонента (индуктивные рассуждения, скоростная обработка информации в условиях многозадачности). В результате было показано, что когнитивная тренировка приводит не только к повышению эффективности выполнения широкого ряда когнитивных тестов, но и к долговременному улучшению повседневной деятельности пожилых участников исследования, повышению качества их жизни и снижению медицинских расходов (Wolinsky et al., 2009). Эти результаты могут свидетельствовать об общем росте эффективности жизнедеятельности, которая, в свете представлений о фундаментальной роли контрольных процессов в осуществлении всех видов нетривиальной когнитивной активности, по крайней мере, частично могла быть обусловлена ростом эффективности работы системы когнитивного контроля.

Как отмечают многие исследователи (например, Kramer, Willis, 2002), потенциал повышения эффективности программ когнитивной тренировки с целью предупреждения вызванных возрастом когнитивных нарушений зависит от их более тщательного теоретического обоснования. Это в полной мере относится и к программам компенсации дефицитов в системе когнитивного контроля. Следует отметить, что последние два десятилетия ознаменовались бурным ростом интереса к исследованиям контрольных процессов, что позволило существенно расширить теоретические представления о них. Особую роль в обобщении имеющихся в настоящее время экспериментальных данных сыграли дифференциально-психологические исследования *структуры когнитивного контроля* (Miyake et al., 2000; Salthouse et al., 2003). В этих исследованиях, посвященных анализу вопроса о размерности латентного конструкта «когнитивный контроль», обосновывается выделение трех элементарных контрольных функций – ПОДАВЛЕНИЯ, ОБНОВЛЕНИЯ и ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ. Предполагается, что выполнение деятельности, предъявляющей повышенные требования к когнитивному контролю (например, выполнение традиционных «лобных» тестов), обеспечивается координированной реализацией указанных элементарных функций, причем их «удельный вес» в общем объеме обработки зависит от содержания и структуры задачи.



В этой связи представляется возможным, что программы компенсации возрастных нарушений когнитивного контроля станут еще более успешными, если будут устремлены на целенаправленную тренировку элементарных контрольных функций и их координированного использования.

Функция ПОДАВЛЕНИЯ позволяет преодолевать реализацию тех реакций, которые имеют высокую степень активации и поэтому – при прочих равных условиях – являются наиболее вероятными кандидатами на осуществление. Высокая степень активации может быть обусловлена высокой степенью привычности реакции или предыдущей активностью когнитивной системы, направленной на выбор именно этой реакции из числа возможных альтернатив. В любом случае ПОДАВЛЕНИЕ позволяет реализовать менее активированную альтернативу, что противоречит «принятым по умолчанию» принципам реагирования. Наиболее известным тестом, позволяющим измерить эффективность ПОДАВЛЕНИЯ «в чистом виде», является тест Струпа. Величина интерференции в этом тесте когнитивного контроля говорит о (не)способности преодолеть привычно ассоциирующуюся с предъявлением слова реакцию прочесть его в пользу менее привычной реакции называния цвета букв, из которых слово состоит. Другим известным способом измерения ПОДАВЛЕНИЯ является так называемая задача стоп-сигнал (stop-signal task – Logan, 1994). Данная задача состоит из двух блоков проб. В первом блоке формируется установка на выполнение задачи категоризации (формируется «привычка»), например, испытуемые определяют предъявляемые слова как обозначающие одушевленные или неодушевленные объекты. Во втором блоке проб испытуемые выполняют то же задание, однако в некоторых пробах им также предъявляется специально оговоренный стоп-сигнал (обычно звуковой). В этом случае испытуемый должен никак не реагировать на предъявляемый стимул. Задача усложняется тем, что стоп-сигнал предъявляется с некоторой задержкой по отношению к стимулу, а величина задержки определяется, исходя из среднего индивидуального времени реакции в обычных пробах. Таким образом, в этом случае эффективность ПОДАВЛЕНИЯ проявляется в эффективности торможения подготовленной моторной реакции.

Конструкт ПОДАВЛЕНИЯ операционализирует более общий конструкт *произвольного торможения*. Возрастные изменения ПОДАВЛЕНИЯ хорошо документированы в литературе по нормальному и патологическому старению. В частности, пожилые люди в гораздо меньшей степени способны к подавлению обработки иррелевантной информации (McDowd, Shaw, 2000). Дефициты торможения настолько характерны для пожилого возраста, что некоторые авторы выдвигают их в качестве универсального фактора, объясняющего связанное с возрастом ухудшение когнитивного функционирования (Hasher, Zacks, 1988). Косвенным свидетельством особой роли процессов торможения в развитии возрастных когнитивных нарушений являются наблюдения, свидетельствующие о том, что билингвизм является одним из факторов, смягчающих возрастные нарушения в когнитивной сфере (Ardila, Ramos, 2008). Это может быть объяснено тем, что необходимость согласованного использования двух языковых систем (в частности, двух ментальных словарей) предъявляет особые требования к процессам произвольного торможения и фактически реализует пожизненную программу тренировки функции ПОДАВЛЕНИЯ.

В настоящее время отсутствуют работы, позволяющие оценить степень тренируемости функции ПОДАВЛЕНИЯ при нормальном старении, а также способность к переносу приобретенных при такой тренировке навыков за пределы тренировочных заданий.



Некоторые предварительные данные позволяют предположить, что направленная тренировка процессов подавления может иметь желаемый эффект (Garavan et al., 2006). Так, Kelly et al. (2006) показали, что даже непродолжительная тренировка выполнения теста Go-No-Go (упрощенный вариант теста стоп-сигнал) изменяет характер мозговой активности у лиц с менее развитым ПОДАВЛЕНИЕМ в сторону сходства с рисунком мозговой активности, характерным для лиц с развитым ПОДАВЛЕНИЕМ. Потенциал специализированной тренировки ПОДАВЛЕНИЯ при нормальном старении косвенно подтверждается многолетним опытом когнитивной тренировки этой функции у детей с нарушениями когнитивного контроля, например, с синдромом дефицита внимания и гиперактивности. Хотя такие исследования не всегда свидетельствуют о высокой эффективности и переносимости тренировочных процедур, в некоторых из них получены обнадеживающие результаты (для обзора см.: Thorell et al., 2009).

Функцией ОБНОВЛЕНИЯ является постоянная актуализация релевантной задаче информации, хранящейся в рабочей памяти. Таким образом, ОБНОВЛЕНИЕ заключается в деактивации информации, потерявшей релевантность задаче, а также в активации информации, ставшей актуальной в течение времени. ОБНОВЛЕНИЕ играет огромную роль при решении широкого спектра приспособительных задач, связанных с ориентацией в динамической среде. Механизм работы ОБНОВЛЕНИЯ легко представить себе, анализируя выполнение одного простого экспериментального задания – отслеживания звуков (tone monitoring task) (Miyake et al., 2000). В данном задании испытуемому в случайном порядке последовательно предъявляются звуки трех различных высот. От испытуемого требуется реагировать установленным образом всегда, когда ему предъявляется четвертый по счету звук каждой высоты. Таким образом, для успешного выполнения задания испытуемому необходимо отслеживать, как часто предъявлялись звуки отдельных категорий. Это можно сделать, увеличивая при предъявлении каждого звука значение соответствующего «счетчика частоты» на единицу (т. е. «стирая» предыдущее значение N и «записывая» новое значение $N+1$). Если какой-либо из «счетчиков» достигает значения 4, то испытуемый реагирует заданным в инструкции образом, а значение «счетчика» обнуляется.

Существуют многочисленные альтернативные задания, требующие актуализации содержимого рабочей памяти для успешного решения. Среди них следует особенно отметить широко известный тест *n-back* (Salthouse et al., 2003). В одном из вариантов этого задания испытуемому предъявляется последовательность цифр, и ему требуется установить, совпадает ли актуально предъявляемая цифра с предыдущей (такой вариант носит название 1-back). Испытуемому может быть также дано задание определить, совпадает ли актуально предъявляемая цифра с цифрой, предшествовавшей предыдущей (2-back). Временной промежуток между сравниваемыми цифрами может увеличиваться и далее – с соответствующим увеличением хранящегося и обновляемого в рабочей памяти материала, – однако это в подавляющем числе случаев приводит к катастрофическому снижению эффективности работы испытуемого. Следует отметить, что для успешного выполнения данного задания в рабочей памяти испытуемого должны храниться n последних предъявленных элементов. Таким образом, помимо собственно требований к хранению информации (говорящих скорее об объеме рабочей памяти), данное задание предъявляет особые требования к функции ОБНОВЛЕНИЯ, так как при предъявлении каждого нового элемента последовательности необходимо изменить все n элементов рабочей памяти. Исследования показывают, что это несложное задание позволяет с высокой точностью измерять некоторые важные особен-



ности фундаментальных процессов обработки информации человеком, так как успешность его выполнения выражено коррелирует с показателями как текущего, так и кристаллизованного интеллекта (Friedman et al., 2006).

Снижение эффективности ОБНОВЛЕНИЯ с возрастом было продемонстрировано в нескольких актуальных исследованиях (например, Oberauer, 2005). Кроме того, существуют данные, свидетельствующие об особой роли обновления в вызванном возрастом снижении эффективности когнитивного функционирования в целом. В частности, используя методы иерархического регрессионного анализа (Chen, Li, 2007), определили ОБНОВЛЕНИЕ как основной предиктор возрастных изменений в текущем интеллекте. Этот и аналогичные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы об обусловленности вызванных возрастом когнитивных нарушений дефицитами когнитивного контроля и о потенциальной значимости коррекционных процедур, направленных на нейтрализацию возрастных дефицитов элементарных контрольных функций.

Тренировка функции ОБНОВЛЕНИЯ у молодых и пожилых испытуемых в последние годы стала предметом пристального интереса исследователей, что объясняется не только выраженным снижением функциональных возможностей рабочей памяти с возрастом, но и особой ролью рабочей памяти в реализации высших форм познания. Результаты этих исследований не всегда однозначны, однако в целом свидетельствуют о принципиальной тренируемости функции ОБНОВЛЕНИЯ в пожилом возрасте и – особенно важно – о возможности переноса приобретенных в ходе тренировки навыков за пределы тренировочной ситуации. Так, Li et al. (2008) реализовали в группах молодых и пожилых испытуемых долговременную программу тренировки рабочей памяти длительностью в 45 дней. Тренировка заключалась в ежедневном выполнении пространственного варианта теста *n-back*, причем задания варьировались по уровню сложности в пределах одной тренировочной сессии. В результате в обеих возрастных группах были получены следующие положительные эффекты: значимое увеличение эффективности выполнения тренировочных заданий по сравнению с соответствующими по возрасту контрольными группами; перенос приобретенных навыков на новые задания похожей структуры («близкий перенос»); сохранение обоих указанных эффектов при повторном обследовании через 3 месяца после окончания тренировки (для пожилых испытуемых отмечалась некоторая тенденция к угасанию приобретенных в ходе тренировки навыков). Наиболее значимым негативным эффектом в данном исследовании стало отсутствие «дальнего переноса», т. е. наступающего вследствие тренировочных воздействий повышения эффективности выполнения тех тестов на ОБНОВЛЕНИЕ, которые по своей структуре в значительной степени отличны от самих тренировочных заданий. Следует отметить, что именно «дальний перенос» является наиболее труднодостижимой целью при любых видах когнитивной тренировки, особенно у пожилых испытуемых.

Другим исследованием эффективности тренировки функции ОБНОВЛЕНИЯ является работа, проведенная Dahlin et al. (2008). Основными отличиями этого исследования от цитированного ранее стали более короткая длительность тренировки (5 недель) и более разнообразный состав тренировочных заданий. Тренировочная батарея включала в себя несколько заданий, традиционно используемых для измерения эффективности ОБНОВЛЕНИЯ (Miyake et al., 2000), однако в ней отсутствовало обычно применяемое в целях тренировки рабочей памяти задание *n-back*. Несмотря на эти отличия, в экспериментальных группах молодых и пожилых испытуемых также было получено значимое увеличение эффективности выполнения задачи-критерия, которое сохранялась в течение



18 месяцев после тренировки. Эффект переноса был обнаружен преимущественно для молодых испытуемых. Однако в широко цитируемом исследовании Jaeggi et al. (2008) удалось показать, что интенсивная тренировка ОБНОВЛЕНИЯ с применением адаптивной версии задания *n-back* имеет выраженный эффект «дальнего переноса», приводя к росту показателей общего интеллекта. Следует также отметить, что способность к повышению эффективности обновления информации в рабочей памяти в результате целенаправленной тренировки сохраняется в самом позднем возрасте, что подтверждается исследованиями, проведенными в возрастной группе старше 80 лет (Buschkuhl et al., 2008).

Исследования элементарной контрольной функции ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ интенсивно проводятся в течение последних десятилетий преимущественно в рамках экспериментов по изучению *переключения задач* (*task-switching*). При всем разнообразии экспериментальных парадигм изучения этого явления (Monsell, 2003) для них характерно сравнение времени выполнения двух относительно простых когнитивных заданий в условиях повторения одного и того же задания и в условиях чередования заданий. Необычайно устойчивым эффектом, обнаруживаемым в экспериментах описанного типа, является возникновение так называемой «стоимости переключения» – дополнительных временных затрат, связанных с необходимостью переключаться между заданиями. Обычно возникновение стоимости переключения объясняется действием специализированных процессов когнитивного контроля, обеспечивающих переконфигурирование когнитивной системы с выполнения потерявшей актуальность задачи на выполнение новой задачи, а также одновременным наличием репрезентаций обеих задач в рабочей памяти (Rogers, Monsell, 1995).

Как показал ряд исследований, переключение между задачами – так же как и другие элементарные контрольные функции – в значительной мере теряет свою эффективность в ходе нормального старения. Так, Kramer et al. (1999b) обнаружили в своем исследовании с использованием одной из экспериментальных парадигм изучения переключения задач, что «стоимость переключения» в пожилом возрасте значимо выше аналогичного показателя у молодых испытуемых. Подобный результат достаточно часто подтверждается в исследованиях (Kray et al., 2008; Buchler et al., 2008), и в настоящее время принято считать, что связь эффективности ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ и возраста выражается классической перевернутой U-образной зависимостью с пиком в районе 25–30 лет. Тем не менее многие работы свидетельствуют, что возраст оказывает дифференцированное влияние на процессы, вовлеченные в реализацию ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ. Наиболее известным результатом подобного типа является наблюдение, что с возрастом преимущественно увеличивается «глобальная стоимость переключения», в отличие от «специфической стоимости переключения» (Kray, Lindenberger, 2000). Под «глобальной стоимостью переключения» понимаются временные затраты, отражающие работу процессов одновременного поддержания репрезентаций двух задач в активированном состоянии и их координации, в то время как «специфическая стоимость» отражает работу процессов завершения и инициации отдельных потоков обработки в блоках с чередованием заданий. В целом следует отметить, что снижение эффективности ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ является одной из ярких характеристик пожилого возраста, что проявляется, в частности, в очевидном снижении способности к совмещению нескольких видов активности (*dual-tasking*).

В отличие от функций ПОДАВЛЕНИЯ и ОБНОВЛЕНИЯ, ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ гораздо реже становится предметом специализированной когнитивной тренировки. Тем не менее существует ряд экспериментальных работ, показывающих, что практика решения



задач на ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ приводит к повышению его эффективности (Minear, Shah, 2008). Кроме того, некоторые работы показывают, что в результате пролонгированной практики могут в значительной мере уменьшаться возрастные различия в ПЕРЕКЛЮЧЕНИИ. Например, выраженное уменьшение возрастных различий в условиях переключения между несколькими задачами было обнаружено Buchler et al. (2008), даже когда число совмещаемых задач достигало 4: за 4 дня тренировки разрыв между стоимостью переключения у молодых и пожилых испытуемых уменьшился почти вдвое. Кроме того, в уже упоминавшемся исследовании Kramer et al. (1999b) даже непродолжительная тренировка ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ привела к *исчезновению* возрастных различий в стоимости переключения. При этом положительный тренировочный эффект скорее всего обеспечивается развитием навыков использования индивидуальных стратегий, компенсирующих возрастные дефициты когнитивного контроля, таких, как использование внутренней речи в целях самоинструктирования (Kray et al., 2008). В целом, имеющиеся данные позволяют выдвинуть предположение о принципиальной тренируемости функции ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ как в молодом, так и в пожилом возрасте (по крайней мере, в смысле уменьшения «глобальной стоимости переключения»). С другой стороны, незначительный объем исследований, посвященных систематической тренировке этой фундаментальной контрольной функции, пока оставляет открытым вопрос о возможности переноса тренировочного эффекта и степени его временной стабильности. Однако уже сейчас существуют свидетельства в пользу того, что специализированная тренировка ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ может приводить к развитию обобщенных навыков работы в условиях многозадачности (Minear, Shah, 2008).

Приведенные выше результаты в целом говорят о том, что элементарные контрольные функции в пожилом возрасте сохраняют достаточную пластичность. Это открывает большие возможности по разработке программ когнитивной тренировки, направленных на компенсацию возрастных дефицитов когнитивного контроля. Направленная тренировка именно элементарных контрольных функций позволяет преодолеть известную эвристичность, характерную для многих тренировочных воздействий, ставящих целью улучшение когнитивного функционирования при нормальном старении или патологии. Авторы подобных методов часто ориентируются на преимущественное повышение эффективности когнитивного контроля (что является вполне обоснованным, учитывая принципиальную роль когнитивного контроля в достижении высокой эффективности жизнедеятельности), однако при этом пытаются тренировать контрольные функции «вообще». Это приводит к разработке тренировочных заданий, аналогичных описанным выше комплексным «лобным» тестам. Следует отметить, что, хотя функции когнитивного контроля вовлечены в выполнение практически любой сложной деятельности, характер взаимосвязей между контрольными и частными когнитивными процессами может быть достаточно сложным. Вследствие этого успешность того или иного метода когнитивной тренировки будет зависеть от того, в какой степени используемые тренировочные задания задействуют именно универсальную систему когнитивного контроля, а не специфическое сочетание разноуровневых процессов. С другой стороны, выделение элементарных контрольных функций позволяет разрабатывать тренировочные воздействия, направленные на повышение эффективности отдельных механизмов когнитивного контроля (и их комбинаций). Такие воздействия по определению будут активизировать систему процессов когнитивного контроля «в чистом виде», что несет в себе потенциал достижения высокой степени переносимости полученных в ходе тренировки эффектов. Это особенно важно в силу того, что именно отсутствие способности



к переносу тренировочных эффектов за пределы самих тренировочных заданий до сих пор является основным препятствием для широкого применения методов когнитивной тренировки. Таким образом, разработка программ тренировки элементарных контрольных функций может привести к получению новых эффективных средств компенсации когнитивного старения.

В целом имеющийся опыт тренировки функций когнитивного контроля позволяет характеризовать эту область как безусловно перспективную, хотя и требующую дальнейших серьезных исследований. В первую очередь следует отметить, что многочисленные данные говорят в пользу принципиальной тренируемости когнитивного контроля. Это в полной мере соответствует представлениям о роли опыта в формировании и поддержании высокого уровня развития контрольных функций. Например, целый ряд актуальных исследований был посвящен значению такой переменной индивидуального опыта, как раннее овладение дополнительным языком. Показано, что билингвизм приводит не только к значимому улучшению показателей выполнения многих тестов на элементарные контрольные функции, но и является фактором, снижающим выраженность когнитивных нарушений у пожилых людей. В литературе распространено предположение, что наличие большого количества разнообразных переменной опыта (таких, как высшее образование и интеллектуально насыщенная деятельность в течение жизни) коррелирует с повышенным уровнем когнитивного функционирования в старости (*гипотеза когнитивного резерва*). Подобные результаты могут быть интерпретированы в том смысле, что в течение жизни различных людей их когнитивные функции вообще и функции когнитивного контроля в частности могут в разной степени «стихийно тренироваться» и что объем такой тренировки обуславливает возрастные различия в эффективности работы когнитивной системы. С этой точки зрения систематическая тренировка когнитивных функций является естественным воздействием, позволяющим если не изменить, то откорректировать индивидуальную траекторию когнитивного развития.

Успешность применения любых процедур когнитивной тренировки зависит от большого количества факторов, влияние которых до сих пор недостаточно изучено. Тем не менее следует обратить особое внимание на три аспекта, которые могут в значительной мере определять эффективность тренировочных процедур. Во-первых, исследователи отмечают, что когнитивная тренировка приводит к лучшим практическим результатам, если является *направленной*. Это означает, что процедуры когнитивной тренировки являются особенно эффективными в случаях, когда их систематическое применение активизирует именно те специфические механизмы и процессы, которые обуславливают различия в уровне когнитивного функционирования между различными популяциями (Kramer, Willis, 2002). Например, как уже указывалось выше, в исследовании Kramer et al. (1999a) тренировка одновременного выполнения нескольких задач приводила к редукции возрастных различий *только* в том случае, когда предъявляла особые требования к эффективности механизмов ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ между отдельными задачами. Таким образом, следует проводить четкое различие между «поверхностными» и «глубинными» когнитивными нарушениями, причем для достижения наибольшего положительного эффекта процедуры когнитивной тренировки должны быть направлены именно на нейтрализацию последних. В рамках предлагаемого нами подхода это означает, что успешная стратегия исследований по разработке эффективной программы компенсации возрастных когнитивных нарушений должна быть преимущественно направлена на оптимизацию элементарных контрольных функций. После того как



эта цель будет достигнута, необходимо поставить вопрос о разработке и обосновании эффективности тренировочных заданий, которые требуют для своего успешного выполнения согласованного участия всех элементарных контрольных функций. Это становится необходимым потому, что большинство видов неэлементарной когнитивной активности человека требует участия всей системы когнитивного контроля, а не его изолированных функций. Именно такая комплексная тренировочная программа может приводить к наиболее выраженному улучшению когнитивного функционирования при нормальном старении.

Во-вторых, играющим центральную роль в определении успешности тренировочных воздействий является выбор определенного режима тренировки. Исходя из опыта одного из наиболее успешных исследований когнитивной тренировки последних лет (Jaeggi et al., 2008), можно полагать, что тренировочные процедуры являются особенно эффективными в том случае, если они носят *адаптивный* характер. Целью адаптивной настройки режима тренировки является в первую очередь поддержание уровня сложности заданий в оптимальном диапазоне. Оптимальным считается такой уровень сложности, при котором испытуемый вынужден прилагать существенные усилия для успешного выполнения тренировочного задания, однако способен делать это без совершения существенного количества ошибок. В цитируемой работе осуществлялась тренировка рабочей памяти (а по существу – функции ОБНОВЛЕНИЯ) с использованием задания «двойной *n-back*». Это задание заключается в одновременном выполнении двух параллельных, но независимых тестов *n-back*. Само по себе такое задание является достаточно трудным и требует предельной концентрации для своего успешного выполнения. При этом сложность заданий динамически изменялась в зависимости от точности работы испытуемого. Если точность снижалась, снижалась и сложность задания. В случае безошибочной работы сложность задания повышалась. Такая динамическая настройка сложности тренировочного задания осуществлялась в режиме реального времени и, возможно, стала одним из факторов высокой эффективности предложенной тренировочной процедуры.

Достижение стабильного во времени тренировочного эффекта с возможностями широкого переноса за пределы тренировочных заданий является самой важной, но и самой трудноосуществимой задачей будущих исследований. Одним из путей ее решения является концентрация исследований на тренировочных методах, которые приводят к функциональным и структурным изменениям головного мозга. Как уже отмечалось, эффекты такого рода нередко описываются в специальной литературе. С точки зрения тренировки контрольных функций особую роль могут играть изменения в дофаминэргической системе, являющейся центральным компонентом нейрофизиологических механизмов когнитивного контроля (Braver, Barch, 2002). Уже сегодня существуют свидетельства, что тренировочные воздействия могут приводить к таким изменениям (McNab et al., 2009). Следует, однако, отметить, что подавляющее большинство современных исследований когнитивной тренировки по длительности редко превышает несколько недель. Столь короткая продолжительность воздействий, безусловно, неблагоприятна для формирования стабильных изменений в мозговом субстрате. Поэтому особенно эффективной в перспективе может оказаться стратегия исследований, направленных на разработку долговременных программ тренировки когнитивного контроля, рассчитанных на многомесячное распределенное выполнение тренировочных заданий. Таким образом, большая *продолжительность* тренировки когнитивного контроля может стать еще одним фактором, обуславливающим ее эффективность в пожилом возрасте.



Наконец, весьма перспективным направлением работы может стать *сочетание* методов когнитивной тренировки с использованием биологических (клеточных) и молекулярных воздействий, интенсифицирующих процессы *нейрогенеза* в стареющем естественным образом мозге человека.

Когнитивный контроль претерпевает – по сравнению со многими другими психическими функциями – непропорционально сильное ослабление при нормальном старении. При этом эффективная работа процессов когнитивного контроля является одной из наиболее значимых предпосылок успешной адаптации к повседневным требованиям. Представляется, что направленная тренировка когнитивного контроля может стать действенным методом компенсации вызванных возрастом когнитивных нарушений и сопутствующих им нарушений адаптации. В пользу такого предположения свидетельствует в первую очередь накопившийся к настоящему времени достаточно богатый опыт компенсации различных когнитивных нарушений в норме и патологии. Многочисленные исследования показывают, что при применении процедур когнитивной тренировки может быть получен положительный тренировочный эффект и нет оснований предполагать, что процессы когнитивного контроля будут в особой мере устойчивы к тренировочным воздействиям. Результаты исследований по выделению элементарных контрольных функций ставят разработчиков программ когнитивной тренировки в уникальное положение, впервые позволяя дать теоретическое обоснование подбору потенциальных тренировочных заданий. Однако успешность программ тренировки когнитивного контроля будет напрямую зависеть от того, насколько их разработчикам удастся решить проблемы (дальнего) переноса и временной стабильности тренировочных эффектов.

Эти проблемы являются ключевыми для всей области исследований психического развития на протяжении всей жизни и методов когнитивной тренировки и, безусловно, станут в ближайшее время предметом интенсивного изучения в мировой психологии и нейронауке. В целом потенциал компенсации возникающих с возрастом когнитивных нарушений с помощью систематической тренировки когнитивных функций может быть оценен как достаточно высокий, особенно если тренировочные воздействия будут направлены на оптимизацию фундаментальных процессов, среди которых центральное место принадлежит процессам когнитивного контроля.

Литература

- Вартанов А. В., Козловский С. А., Скворцова В. Б. и др. Память человека и анатомические особенности гиппокампа // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2009 (в печати).
- Величковский Б. М. Когнитивная наука. Основы психологии познания. Т. 1–2. М.: Академия, 2006.
- Acevedo A., Loewenstein D. A. Nonpharmacological cognitive interventions in aging and dementia // Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology. 2007. № 20(4). P. 239–249.
- Ardila A., Ramos E. Normal and abnormal aging in bilinguals // Dementia and Neuropsychologia. 2008. № 2(4). P. 242–247.
- Bissig D., Lustig C. Who benefits from memory training? // Psychological Science. 2007. № 18(8). P. 720–726.
- Braver T.S., Barch Deanna M. A theory of cognitive control, aging cognition and neuromodulation // Neuroscience and Biobehavioral Review. 2002. № 26. P. 809–817.
- Buschkuhl M., Jaeggi S., Hutchinson S., Perrig-Chiello P., Daepf C., Mueller M., Breil F., Hoppeler H., Perrig W.J. Impact of working memory training on memory performance in old-old adults // Psychology and aging. 2008. № 23(4). P. 743–753.



- Buchler N. G., Hoyer W. J., Cerella J.* Rules and more rules: The effects of multiple tasks, extensive training, and aging on task-switching performance // *Memory & Cognition*. 2008. № 36(4). P. 735–748.
- Chen T., Li D.* The roles of working memory updating and processing speed in mediating age-related differences in fluid intelligence // *Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition*. 2007. № 14(6). P. 631–646.
- Craik F. I. M., Bialystock E.* Cognition through the lifespan: mechanisms of change // *Trends in Cognitive Science*. 2006. № 10(3). P. 131–138.
- Dahlin E., Nyberg L., Backman L., Neely A. S.* Plasticity of executive functioning in young and older adults: immediate training gains, transfer, and long-term maintenance // *Psychology and aging*. 2008. № 23(4) P. 720–730.
- Daniels K. A., Toth J. P., Jacoby L. L.* The aging of executive functions // F. I. M. Craik and E. Bialystok (Eds.). *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change* Oxford: Oxford University Press, 2004. P. 96–111.
- Friedman N. P., Miyake A., Corley R. P., Young S. E., DeFries J. C., Hewitt J. K.* Not all executive functions are related to intelligence // *Psychological Science*. 2006. № 17. P. 172–179.
- Garavan H., Hester R., Murphy K., Fassbender C., Kelly C.* Individual differences in the functional neuroanatomy of inhibitory control // *Brain Research*. 2006. № 1105. P. 130–142.
- Hasher L., Zacks R. T.* Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view // G. H. Bower (Ed.). *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press, 1988. Vol. 22. P. 193–225.
- Jaeggi S. M., Buschkuhl M., Jonides J., & Perrig W. J.* Improving fluid intelligence with training on working memory // *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 2008. № 105. P. 6829–6833.
- Kelly C., Hester R., Foxe J. J., Shpaner M., Garavan H.* Flexible cognitive control: effects of individual differences and brief practice on a complex cognitive task // *NeuroImage*. 2006. № 31(2). P. 866–886.
- Kramer A. F., Larish J., Weber T., Bardell L.* Training for executive control: Task coordination strategies and aging // D. Gopher & A. Koirat (Eds.). *Attention and Performance XVII*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999a. P. 617–652.
- Kramer A. F., Hahn S., Gopher D.* Task coordination and aging: explorations of executive control processes in the task-switching paradigm // *Acta Psychologica*. 1999b. № 101. P. 339–378.
- Kramer A. F., Willis S. L.* Enhancing the Cognitive Vitality of Older Adults // *Current Directions in Psychological Science*. 2002. № 11(5). P. 173–177.
- Kray J., Lindenberger U.* Adult age differences in task switching // *Psychology and Aging*. 2000. № 15(1). P. 126–147.
- Kray J., Eber J., Karbach J.* Verbal self-instructions in task switching: a compensatory tool for action-control deficits in childhood and old age? // *Developmental Science*. 2008. № 11(2). P. 223–236.
- Kurtz M. M., Moberg P. J., Gur R. C., Gur R. E.* Approaches to cognitive remediation of neuropsychological deficits in schizophrenia: A review and meta-analysis // *Neuropsychology Review*. 2001. № 11(4). P. 197–210.
- Li S.-C., Huxhold O., Smith J., Schmiedek F., Rocke C., Lindenberger U.* Working memory plasticity in old age: practice gains, transfer and maintenance // *Psychology and Aging*. 2008. № 23(4). P. 731–742.
- Lind J., Nyberg L.* Imaging genomics: Brain alterations associated with APOE genotype // L. Bäckman & L. Nyberg (Eds.). *Memory, aging and the brain*. Howe, UK: Psychology Press. 2010 P. 300–328 (in press).
- Logan G. D.* On the ability to inhibit thought and action: A user's guide to stop signal paradigm // D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.). *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. San Diego: Academic Press, 1994. P. 189–239.
- López-Luengo B., Vázquez C.* Effects of Attention Process Training on cognitive functioning of schizophrenic patients // *Psychiatry Research*. 2003. № 119(1–2). P. 41–53.
- Luo L., Craik F. I. M.* Aging and memory: A cognitive approach // *The Canadian Journal of Psychiatry*. 2008. № 53(6). P. 346–353.



- McDowd J. M., Shaw R. J. Attention and aging: A functional perspective // F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.). *The handbook of aging and cognition* (2nd ed.). Mahwah, N. J.: Erlbaum, 2000. P. 221–292.
- McNab F., Varrone A., Farde L., Jucaite A., Bystritsky P., Forssberg H., Klingberg T. Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training // *Science*. 2009. № 323(5915). P. 800–802.
- Minear M., Shah P. Training and transfer effects in task-switching // *Memory and Cognition*. 2008. № 36(8). P. 1470–1483.
- Miyake A., Friedman N. P., Emerson M. J., Witzki A. H., Howerter A. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex «frontal lobe» tasks: A latent variable analysis // *Cognitive Psychology*. 2000. № 41. P. 49–100.
- Monsell S. Task switching // *Trends in Cognitive Science*. 2003. 7(3). 134–140.
- Oberauer K. Binding and inhibition in working memory: Individual and age differences in short-term recognition // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2005. № 134(3). P. 368–387.
- Rogers R. D., Monsell S. The cost of a predictable switch between simple cognitive tasks // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1995. № 124. P. 207–231.
- Salthouse T. A., Atkinson T. M., Berish D. E. Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2003. № 132(4). P. 566–594.
- Salthouse T. A. When does age-related cognitive decline begin? // *Neurobiology of aging*. 2009. № 30 (4). P. 507–514.
- Sitzer D. I., Twamley E. W., Jeste D. V. Cognitive training in Alzheimer's disease: A meta-analysis of the literature // *Acta Psychiatrica Scandinavica*. 2006. № 114. P. 75–90.
- Thorell L. B., Lindqvist S., Bergman Nutley S., Bohlin G., Klingberg T. Training and transfer effects of executive functions in preschool children // *Developmental Science*. 2009. № 12(1). P. 106–113.
- Wolinsky F. D., Mahncke H. W., Kosinski M., Unverzagt F. W., Smith D. M., Jones R. N., Stoddard A., Tennstedt S. L. The ACTIVE cognitive training trial and predicted medical expenditures // *BMC Health Services Research*. 2009. № 9. P. 109.

PERFORMANCE CAPABILITIES OF COGNITIVE TRAINING AS A METHOD OF CORRECTING AGE-RELATED DECLINE IN COGNITIVE CONTROL

VELICHKOVSKY B. B., *Lomonosov Moscow State University, RSC Kurchatov Institute, Moscow*

Decline in cognitive control is one of the most characteristic signs of cognitive aging. Cognitive training can be used to prevent and ameliorate cognitive control decline in old age. Recent advances in the study of elementary control functions are the basis for the development of effective cognitive training programs. In this article, examples of training elementary control functions are reviewed and conclusions are drawn about their potential as a means of ameliorating age-related cognitive decline.

Keywords: cognitive control, control functions, aging, cognitive training.

Transliteration of the Russian references

Vartanov A. V., Kozlovskij S. A., Skvortsova V. B. i dr. . Pamyat' cheloveka i anatomicheskie osobennosti gippokampa // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psihologiya*. 2009 (v pechati).