

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ: ПРИРОДА И РАЗВИТИЕ¹

© 2016 г. Г. А. Виленская

*Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории психологии развития субъекта в нормальных и посттравматических состояниях
ФГБУН Институт психологии РАН, Москва;
e-mail: vga2001@mail.ru*

Рассматривается понятие исполнительных функций – когнитивных процессов, регулирующих и контролируемых другие когнитивные функции. Приведен анализ истории и современного состояния отечественных и зарубежных исследований этого термина. Описаны различные модели исполнительных функций, выдвигающие на первый план такие концепты, как тормозный контроль, контроль внимания, когнитивный контроль, рабочая память, репрезентация проблемы, выбор стратегии, планирование, поиск и коррекция ошибок. Рассматриваются вопросы связи исполнительных функций с эмоциональной регуляцией, а также непрерывности развития исполнительных функций. Оцениваются генетический и средовой вклад в исполнительные функции, проводится сопоставление с конструктом “контроль поведения”.

Ключевые слова: исполнительные функции, эмоциональная регуляция, развитие, рабочая память, контроль импульсивности, когнитивная гибкость, внимание, управляющие функции, контроль поведения.

Понятие executive functions активно используется в последние десятилетия во многих зарубежных исследованиях, являясь одним из центральных конструктов при изучении саморегуляции человека. В последние несколько лет это понятие вошло и в отечественную литературу, причем в двух вариантах перевода: “исполнительные функции” [1, 11–12, 14, 20] и “управляющие функции” [2, 6, 9, 16]. Термин “исполнительные функции” (ИФ) нам кажется более предпочтительным, т.к. определяемые им функции обеспечивают непосредственную реализацию поведения, играя роль не столько “руководителей”, сколько “диспетчеров” процессов переработки информации и выработки поведения на их основе.

Нами была найдена лишь одна статья на русском языке [1], описывающая содержание понятия и некоторые исследования в рамках данного конструкта. В статье освещена история термина, предпринята попытка суммировать определения (поскольку четкого общепринятого определения ИФ на данный момент не существует), указано на проблему отграничения ИФ от других психических процессов, перечислены разные варианты состава ИФ, затронута проблема мозговой локали-

зации ИФ, рассмотрены некоторые теории. Описаны также методы исследования исполнительных функций, но лишь для взрослых людей. В качестве проблем отмечены трудность отграничения ИФ от других процессов и проблема экологической валидности тестов. В заключении также отмечены вопросы, на которые предстоит ответить исследователям ИФ: определение ИФ, состав ИФ, средства исследования ИФ, связь регуляции с мотивационной, личностной и смысловой сферами, необходимость расширить исследования за пределы структурно-функционального аспекта понятия. Большая часть литературных источников относится к 1990-м – началу 2000-х годов; с тех пор число исследований заметно выросло, а тематика стала значительно разнообразнее, в том числе появилось очень много работ, посвященных развитию ИФ, особенно в детском возрасте. К тому же за рамками обзора осталось развитие ИФ, их взаимосвязь с другими аспектами психики человека.

К сожалению, других источников на русском языке, систематизирующих представления об ИФ, нам найти не удалось, хотя само понятие уже достаточно активно используется, однако чаще просто упоминается. Содержание же его не раскрывается или раскрывается недостаточно, хотя есть работы в области методического сопоставления с отечественными концепциями саморегуляции.

¹ Работа выполнена при поддержке РГНФ, грант № 15-06-107801.

Например, продемонстрирована высокая возможность соотнесения данных нейропсихологического обследования функций контроля и программирования и методики, оценивающей исполнительные функции, а также валидность методов нейропсихологического обследования, предложенных А.Р. Лурия, относительно зарубежных методик оценки исполнительных функций [4].

Цель данной статьи состоит в том, чтобы обрисовать современное состояние исследований в этой области, осветить развитие исполнительных функций, их состав и связи регуляторных функций, традиционно рассматривающихся в составе исполнительных, с эмоциональной регуляцией.

Напомним кратко историю вопроса. В 1950-х гг. Д. Бродбент предложил различать “автоматические” и “контролируемые” процессы и ввел понятие селективного внимания. В 1975 г. М. Познер использовал термин “когнитивный контроль” в книге *“Attention and cognitive control”*. Представление об ИФ интенсивно разрабатывалось в 1980-х гг. [60; 61], в основном, с точки зрения внимания как “супервизирующей системы”. С 1990-х гг. количество публикаций, касающихся разных аспектов изучения ИФ (развитие, локализация, нарушения при различных поражениях головного мозга, взаимосвязи с другими психическими функциями), непрерывно растет, и этот конструкт становится одним из ведущих в объяснении поведения и его регуляции у человека.

ИФ очень сложно определить, т.к. нет отдельного поведения, которое было бы связано исключительно с ИФ. Они связаны с динамичной координацией когнитивных ресурсов, следовательно, их эффект может наблюдаться только при измерении других когнитивных процессов. Однако выполнение тестов на ИФ не всегда коррелирует с их проявлением в реальной жизни.

Исполнительные функции – общий термин для когнитивных процессов, которые регулируют, контролируют и управляют другими когнитивными процессами.

Содержание конструкта “исполнительные функции” довольно вариабельно, однако большинство авторов [30, 32–33, 36, 40] сходятся на следующих его составляющих:

- рабочая память;
- внимание (в том числе, способность к его переключению и распределению);
- когнитивная гибкость;
- тормозный контроль (торможение доминирующего ответа);
- планирование;
- поиск и коррекция ошибок.

Рабочая память позволяет удерживать информацию в уме во время оперирования с ней, сравнивать одну идею с другой, помнить последовательность действий. Управление рабочей памятью означает связанность настоящего, будущего и прошлого, возможность увидеть разные аспекты вещей и событий, понимать рассказ, для чего необходимо связать начало, середину и конец [25].

Внимание, как психический процесс, участвующий в регуляции, подразумевает способность подавлять импульсивное поведение и реализовать поведение, подходящее ситуации, поддерживать внимание, несмотря на помехи и, наконец, действовать вопреки желанию, но согласно должному (что сближает его с волей). Распределение внимания к разным аспектам окружения, удержание внимания к выбранным аспектам означает торможение одних аспектов и активизацию других [57].

Когнитивная гибкость – это способность переключаться с одной перспективы на другую, гибко настраиваться на изменения в окружающем мире, существенная для решения проблемных задач [54].

Тормозный контроль – способность подавлять ранее активированные когнитивные элементы и несоответствующие действия и противостоять влиянию irrelevantных стимулов. Это способность подавить обработку или выражение информации, которая нарушает эффективное достижение имеющейся цели. Является одной из ключевых ИФ [28].

Планирование – процесс организации деятельности, необходимый для достижения цели. Планирование включает создание плана и следование ему. Следующий уровень планирования может включать интеграцию плана с другими, а также предвидение (антиципацию) развития событий и подготовку сценариев реагирования на них. Планирование как ИФ включает процессы формулирования оценки и выбора последовательности мыслей и действий для достижения желаемой цели. Многочисленные исследования доказали положительную взаимосвязь между нарушением планирования и повреждением лобных долей. Дорсолатеральная фронтальная кора играет важную роль, как в планировании, так и в рабочей памяти [58].

Поиск и коррекция ошибок – многие авторы включают эти процессы в исполнительные функции, т.к. поиск и коррекция ошибок являются необходимым звеном в процессе достижения желаемой цели [52, 71].

Некоторые авторы предлагают рассматривать исполнительные функции как единый конструкт, в котором выделяются отдельные компоненты [40, 54]. Ключевым организующим компонентом исполнительных функций эти авторы считают систему внимания, связывая развитие исполнительных функций в старшем дошкольном возрасте с развитием внимания и интеграцией его компонентов.

Моделей исполнительных функций существует множество, и их обзор может стать темой отдельной статьи. Здесь же кратко упомянем наиболее разработанные/распространенные из них.

Модели ИФ можно поделить на 2 широких класса: выделяющие одну ведущую функцию, которая управляет/запускает остальные, и предполагающие несколько функций, равноправно участвующих в организации целенаправленного поведения.

К первому классу можно отнести модель тормозного контроля (предполагается, что тормозные механизмы действуют в самых различных областях: от селективного внимания до модели психического, однако ключевым является именно концепт активного торможения) [24]; модель супервизирующей системы внимания (*SAS*), где ключевым компонентом является контроль внимания [65]; модель Э. Миллера и Дж. Коэна, в которой на первый план выдвигается когнитивный контроль, управляющий течением психической деятельности и устанавливающий необходимые для выполнения задачи соотношения между входящими сигналами – внутренними состояниями и исходящими сигналами [52].

Ко второму классу относятся модель саморегуляции Р. Баркли (выделяются 4 основные способности: рабочая память, эмоциональная регуляция, внутренняя речь, обработка информации для организации целенаправленного поведения) [27]; модель решения проблем, предполагающая в ИФ различные подфункции, действующие в определенных фазах решения проблемы (репрезентация проблемы, планирование решения, выбор стратегий, выполнение стратегии, оценка результата с детекцией и коррекцией ошибок) [71]. Сюда же можно отнести модель М. Лезака, которая предполагает 4 широких области – волевой акт, планирование, целевое действие, эффективное выполнение – работающих совместно для обеспечения глобальных нужд исполнительного функционирования. Она широко применяется в исследованиях, но ей не хватает теоретического базиса [48–49] (хотя можно отметить структурное сходство с теорией функциональных систем Анохина и его моделью поведенческого акта [3]).

Одной из влиятельных моделей этой группы является также модель А. Мияке и Н. Фридмана, выделяющих три аспекта ИФ: обновление (*updating* – способность удерживать информацию в рабочей памяти, быстро обновляя ее при необходимости, одновременно предотвращая ее потерю), торможение, переключение. Однако вместе с тем выделяется некий общий для всех них компонент, который представляет способность активно управлять целями задания и относящейся к достижению цели информацией и использовать эту информацию для активного влияния на ниже лежащие процессы. Эта способность необходима для функционирования всех трех ИФ и является ключевым требованием для оттормаживания импульсивного ответа [54]. На выборках различного возраста (дошкольники, подростки, пожилые люди) обнаружено, что эти переменные связаны между собой и с другими тестами, как, например нейropsychологические пробы на функционирование лобных долей или *IQ*, однако все эти связи различны на этих выборках [53].

Наконец, модель “каскада контроля” М. Баниха интегрирует другие модели ИФ и описывает работу ИФ как последовательно включающийся каскад областей мозга, включенных в поддержание активности по достижению цели. Соответственно, каждой области мозга (коры) соответствует определенная функция или функции [26].

Локализацию ИФ обычно связывают с лобными долями, однако данные говорят скорее за чувствительность, а не за специфичность тестов на когнитивные функции именно к функционированию лобных долей. Видимо, это не единственная структура, участвующая в реализации ИФ. Наиболее часто ассоциируются с ИФ дорсолатеральная префронтальная кора (вербальная беглость, способность поддерживать и переключаться с одного набора правил на другие, планирование, торможение ответа, рабочая память, организационные умения, рассуждения, решение проблем, абстрактное мышление); передняя цингулярная кора (подавление неподходящего ответа, принятие решений и мотивация); орбитофронтальная кора (контроль импульсов, управление, отслеживание текущего поведения, социально адекватное поведение) [22, 49].

Мы предполагаем, что ИФ можно рассматривать как совокупность ментальных средств для осуществления саморегуляции, что объясняет их широкий и разнообразный состав. Не претендуя на исчерпывающее определение ИФ, мы, однако, далее сопоставим ИФ с конструктом “контроль поведения”, разрабатываемым в лаборатории

психологии развития ИП РАН, что, как нам кажется, позволит более точно определить место ИФ в изучении регуляции поведения.

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ И ЭМОЦИОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

Взаимосвязь ИФ и эмоциональной регуляции (ЭР) изучается сравнительно недавно, хотя связь этих функций, имеющих непосредственное отношение к регуляции поведения, казалось бы, должна быть очевидной.

В целом, исследования в этой области показывают, что взаимосвязь существует, но требует дальнейших исследований. Шмейхель и Танг, авторы обзора исследований о связи ИФ и ЭР [64] также отмечают очень небольшое количество работ, касающихся связи когнитивных способностей и эмоций. В исследованиях участвовали люди самых разных возрастов, от младенцев до взрослых. На всем возрастном диапазоне прослеживается тенденция к взаимосвязи ИФ и ЭР, однако ее проявления возрастнo-специфичны.

Так, в возрасте 22–33 мес. обнаружилось, что дети, лучше контролирующие свое поведение (способные ожидать отсроченное вознаграждение, успешно подавляющие импульсивные реакции, хорошо фокусирующие внимание) в ситуации, провоцирующей эмоциональную реакцию (как положительную, так и отрицательную), демонстрировали менее выраженный гнев и менее интенсивную радость. Т.е. контроль усилий вносит вклад в успешную регуляцию соответствующих эмоциональных реакций [47].

У детей более старшего возраста (3–5 лет) также обнаружилась лучшая эмоциональная регуляция (понимаемая как меньшая выраженность эмоциональных реакций, положительных и отрицательных) при хорошем контроле импульсивных ответов. Т.е. контроль усилий помогает преодолевать негативные эмоциональные реакции. На этом возрастном промежутке показано также улучшение ЭР с возрастом [46].

В то же время показано, что у 3–5-летних детей “холодные” (чисто когнитивные) и “горячие” (связанные с эмоциями и мотивацией) исполнительные функции имеют различные паттерны взаимоотношений с интеллектом и темпераментом, что предполагает их различие и необходимость дальнейшего исследования “горячих” ИФ [45].

Такие же, как в детском возрасте, взаимосвязи между контролем усилий и эмоциональной регуляцией сохраняются и у взрослых (в этом ис-

следовании испытуемые выполняли тест Струпа и в проблемной ситуации должны были подавлять импульсивный социально неприемлемый ответ). Те из них, кто отвечал быстрее на тест Струпа, демонстрировали менее негативный ответ в сложной ситуации [68].

Еще одно исследование обнаружило положительную связь между рабочей памятью и способностью подавлять выражение как негативных, так и позитивных эмоций [62]. Также рабочая память опосредует эффект переживания меньшего отвращения с сохранением нейтральной лицевой экспрессии при просмотре вызывающего соответствующие эмоции видеоклипа. Таким образом, рабочая память важна для успешного подавления эмоциональной экспрессии и когнитивной переоценки и действует сходным образом как в случае позитивных, так и в случае негативных эмоций.

Однако этот результат может быть объяснен проще – люди с более высокими когнитивными способностями лучше понимают инструкции и более точно им следуют. Чтобы проверить эту гипотезу, Шмейхель и Демаре [63] измеряли у испытуемых рабочую память, затем испытуемые отвечали на личностный опросник, либо не получая, либо получая негативную обратную связь. Затем они заполняли опросник, оценивающий тенденцию к самопоощрению, который описывался испытуемым как новый тест кристаллизованного интеллекта. Предполагалось, что негативная обратная связь повысит мотивацию самопоощрения (люди чаще будут отмечать несуществующие книги, фильмы и пр. как знакомые им). Так и получилось, но только среди участников с более хорошей рабочей памятью. Они также демонстрировали меньше негативных эмоций в конце эксперимента. Это говорит о действительной связи между рабочей памятью и успешной эмоциональной регуляцией, а не просто о следовании эмоциям (т.к. эмоциональная регуляция была спонтанной).

Другое исследование повторило и расширило доказательства вклада рабочей памяти в эмоциональную регуляцию [51]. В нем оценивались рабочая память, способность к переключению, вербальные способности, способность к абстрактному суждению, тормозный контроль и то, как они вносят вклад в когнитивную переоценку. С успешной переоценкой ситуации оказались связаны рабочая память и способность к переключению [43–44].

При исследовании взаимоотношений исполнительных функций и эмоциональной регуляции в обыденной жизни [66] было обнаружено, что люди с более высоким уровнем исполнительных

функций сообщают о большем числе стрессоров, но в то же время о менее негативном настроении в связи с этим.

В *fMRI*-исследовании, где проверялась гипотеза об общности областей мозга, отвечающих за выполнение задач на ИФ и ЭР [67], было показано, что испытуемые с лучшим тормозным контролем более успешны и в эмоциональной регуляции, в то время как метамфетаминзависимые испытуемые имеют проблемы как в ИФ, так и в ЭР. Было также обнаружено, что эмоциональная регуляция и исполнительные функции имеют общие морфологические структуры мозга – у испытуемых, имевших худшую эмоциональную регуляцию и исполнительные функции, наблюдалась меньшая плотность серого вещества в правой нижней лобной извилине, что заставляет предположить, что эта область отвечает за оба эти вида регуляции.

Суммируя эти данные, можно сказать, что связь между эмоциональной регуляцией и исполнительными функциями обнаруживается, однако зависит от того, как именно измеряются эти способности, что ставит дальнейшие вопросы перед исследователями. Одним из ключевых является вопрос о том, каким образом индивидуальные различия в работе ИФ могут предсказывать успешность эмоциональной регуляции и наоборот.

РАЗВИТИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Основная тенденция в развитии ИФ тесно связана с развитием в префронтальной коре все более активных и абстрактных репрезентаций цели и состоит в более гибком и более превосходящем использовании когнитивного контроля, переходе от следования “за” сигналами среды к активному ее преобразованию и к самоуправлению своим поведением.

Тормозной контроль и рабочая память – базовые ИФ, являются основой для становления и функционирования более сложных функций. Они возникают наиболее рано, первые признаки использования этих функций наблюдаются уже в 7–12 мес. [56].

В *дошкольные* годы происходит бурное развитие тормозного контроля и рабочей памяти, особенно в возрасте 3–5 лет. Тогда же начинают развиваться когнитивная гибкость, целеполагание, планирование. Изменения ИФ во второй половине дошкольного возраста связаны с развитием внимания и интеграцией компонентов внимания [40]. Так, в лонгитюдном исследовании детей с риском развития СДВГ [29] было показано, что

на 2-летнем промежутке (возраст 5–7 лет) уровень развития исполнительных функций лучше предсказывает симптомы невнимания, чем гиперактивности/импульсивности, как это можно было бы ожидать. В то же время присутствует лонгитюдная стабильность ИФ.

Однако дети часто делают ошибки в задачах на исполнительные функции, потому что еще не знают, когда и как использовать определенные стратегии в определенных контекстах.

ИФ в этом возрасте серьезно подвержены влиянию различных индивидуальных особенностей и когнитивных способностей. Так, в исследовании Вольфа и Белла было показано, что у детей в возрасте 4.5 года особенности физиологического функционирования (частота сердечных сокращений, особенности ЭЭГ), темперамент и уровень развития речи до 90% верно предсказывают успешность выполнения заданий на рабочую память и ингибиторный контроль [69]. В работе Обуховой с соавторами [14] была показана специфика нарушений внимания у детей здоровых и с различными отклонениями в развитии (СДВГ и аутизм). Помимо общего “генерализованного снижения бдительности” было обнаружено специфичное нарушение для детей с СДВГ – импульсивность и парциальный дефицит контроля, и для аутистов – трудности переключения внимания.

В *предподростковом* возрасте продолжается бурное развитие всех ИФ, особенно вербальной рабочей памяти, целенаправленного поведения (резкий скачок около 12 лет) [22], торможения ответов и селективного внимания, а также стратегического планирования и организационных умений. В возрасте 8–10 лет когнитивная гибкость отчасти достигает взрослого уровня [35, 50]. В работе Семеновой и Кошелькова показана гетерохронность в развитии, по сути, отдельных аспектов когнитивного контроля: планирование действий к 8 годам уже практически достигает взрослого уровня, а понимание принципов организации информации, оценка вероятности успеха и выбор действия на ее основе формируется позже [16]. Однако использование ИФ детьми по-прежнему ограничено, т.к. не в каждой ситуации они одинаково успешно используют ИФ.

В *подростковом* возрасте мозг становится более интегрированным. Применение ИФ, например, тормозного контроля, улучшается, становится более эффективным, так же, как и применение планирования и целенаправленного поведения. Продолжает развиваться рабочая память, в возрасте около 15 лет происходит существенное улучшение контроля внимания [23]. Существуют,

однако, неоднозначные/многонаправленные связи между вниманием, тормозным контролем и когнитивными функциями, например, интеллектом. В работе Полдермана с соавторами [59], которые предположили, что наличие у детей проблем с вниманием может иметь своим источником нарушения исполнительных функций, в частности, тормозного контроля, при изучении близнецов 9, 12 и 18 лет связь между нарушениями внимания и тормозным контролем была обнаружена только в 12 лет, но и она оказалась незначимой после контроля уровня интеллекта. В свою очередь, интеллект и тормозный контроль коррелируют во всех возрастах, а проблемы внимания коррелируют с интеллектом в 9 и 12 лет. Авторы делают вывод, что большая часть обнаруживаемых связей между тормозным контролем и проблемами внимания объясняется общими с интеллектом генетическими влияниями на них.

В исследованиях ИФ у подростков обнаружено влияние биологических факторов риска на развитие ИФ. Подростки с низким весом при рождении и/или недоношенные имеют повышенный риск нарушений во всех аспектах ИФ. Недостаточность ИФ может отчасти объяснять худшую академическую и социально-эмоциональную компетентность этих подростков [31].

У взрослых происходит окончательная миелинизация нейронов префронтальной коры. В 20–29 лет ИФ достигают пика в своем функционировании. Они начинают ухудшаться в поздней взрослости, особенно заметно это делает рабочая память, в частности ее зрительно-пространственный компонент. Когнитивная гибкость начинает снижаться позже всех других ИФ, и у нормально функционирующих взрослых обычно не начинает ухудшаться до 70 лет. Ухудшение ИФ – наилучший предиктор функционального ухудшения в старости [34].

Большинство лонгитюдных исследований саморегуляции и ИФ охватывают относительно короткие периоды, и по их результатам пока невозможно утверждать с уверенностью, что регуляторные способности в раннем возрасте предсказывают индивидуальные различия в ИФ у взрослых. Показано, что послушание, способность к самоконтролю, способность тормозить импульсивное поведение возрастают по абсолютной величине в первые годы (0–4, 4–10 и т.п.), при этом сохраняются стабильные индивидуальные различия [37].

Способность к торможению импульсивного поведения в наибольшем числе исследований связана с позднейшими когнитивными и соци-

альными достижениями в подростковом возрасте (хороший контроль импульсивности в детстве – лучшая когнитивная, академическая и социальная компетентность в подростковом возрасте, худший контроль связывается с употреблением подростками наркотиков) [23, 31, 55].

Существует несколько длительных лонгитюдных исследований ИФ (например, с младенчества до 32 лет [55]). Подробно исследованы траектории развития некоторых ИФ в работах Фридман и Мияке с соавторами [37]. В данном исследовании авторов интересовало лонгитюдное развитие контроля усилий (*“effortful control”*) – генетически обусловленного аспекта темперамента, связанного с развитием лобных долей и ИФ. Как его поведенческое проявление рассматривалось самоограничение – контроль импульсивного поведения, когда ребенок не должен был в течение определенного времени брать привлекательную игрушку. Самоограничение измерялось в 14, 20, 24 и 36 мес., чтобы выявить траектории развития, в 17 лет измерялись ИФ. Особенно интересно то, что это было близнецовое исследование, что позволило авторам выявить генетический вклад в развитие ИФ.

Предыдущие данные о генетическом вкладе в ИФ продемонстрировали 58% генетического влияния на тормозный контроль, на долю общей среды пришлось 26%, разделенной – 16% (по данным опросников для родителей) [39]. Однако если взять другую меру (композитное измерение по наблюдениям за поведением детей в задачах на тормозный контроль) получится 38% генетических влияний и 62% влияния неразделенной среды (у тех же авторов!). Исследования контроля усилий показали, что наследуемость оценивается в 43–79%, общая среда – 0–12%, разделенная среда – 22–54% [41, 70]. Для некоторых ИФ наследуемость 52–73%, у взрослых до 100% (!) [38].

Генетический вклад рассматривается и в других работах этих авторов [53]. Отдельные задачи показывают умеренную наследуемость (0.25–0.55), остальная часть вариативности приходится, в основном, на долю индивидуальной среды, включающей и ошибки измерения. На уровне латентных переменных, где ошибки измерения минимизируются, наследуемость значительно выше (больше 0.75), при этом отдельные наборы генов вносят вклад как в вариативность общего индекса ИФ (суммарного индекса, составленного из показателей рабочей памяти, когнитивной гибкости и тормозного контроля), так и в специфические показатели ИФ. Также на выборке близнецов 17–23 лет была показана достаточно

высокая стабильность в развитии на протяжении 6-летнего периода (с 17 до 23 лет), когда многие близнецы уехали из родительского дома и стали жить отдельно.

Близнецовая модель показывает значительный генетический вклад в общую ИФ (84%) и разделение между генетическим вкладом и вкладом индивидуальной среды в способности к переключению внимания между задачами и/или наборами правил (66% и 34% соответственно) [37].

Таким образом, можно считать доказанным значительное генетическое влияние на проявление ИФ в разные периоды жизни, хотя его величина существенно варьирует в зависимости от возраста и применяемых методов анализа. Важно, что оно независимо от генетических влияний на интеллект, что позволяет разграничить эти психические способности, подтверждая их генетическую независимость. Начаты также работы по определению конкретных генов, ответственных за ИФ. Так, например, обнаружено, что ген *DBH* вносит вклад в вариативность исполнительных функций, а ген *MAOA* ассоциирован с чертами личности, связанными с сотрудничеством (соглашением). При этом исполнительные функции могут модулировать влияние *MAOA* на эти черты [2].

Были проведены также несколько исследований, оценивающих характер лонгитюдных изменений в развитии ИФ.

В одном из них, уже упомянутом выше, исследовалось соотношение между выполнением задач на самоограничение в младенческом возрасте и ИФ в юности [36]. Задача на самоограничение фактически была задачей на тормозный контроль или контроль импульсов (не трогать в течение определенного времени привлекательную игрушку). В результате при помощи латентного моделирования было выделено две группы детей, характеризующиеся индивидуальными особенностями развития самоконтроля: группа с большей способностью к самоограничению (с меньшей вероятностью берут игрушку в первые секунды эксперимента, быстрее растет с возрастом время, в течение которого они могут ждать) и группа с меньшей такой способностью. В 17 лет дети из первой группы имели лучший общий показатель ИФ и более высокий интеллект, у них была ниже способность к переключению и одинаковая способность к апдейту по сравнению с менее самоограничивающейся группой. Два компонента способности к переключению — общая ИФ и специфическая — иногда демонстрируют противоположные паттерны корреляции с другими конструктами. Вслед за Гошке [42], авторы

предполагают, что способность активно достигать одной цели в задании может затруднить для индивида гибкое переключение к иной цели. Аналогичная ситуация наблюдается и в случае измерения контроля за действием по методике Ю. Куля [21]. Например, в работах Ю.В. Ковалевой, изучавшей контроль поведения во время беременности, показано, что женщины с высоким контролем за действием при реализации имеют более низкие показатели гибкости и худший когнитивный контроль в целом, возможно, именно вследствие действия описанного выше механизма [14]. Фридман с коллегами делают вывод, что ранние способности к торможению импульсивного поведения (самоограничение) имеют отношение к общей ИФ способности помимо *IQ*, но не предсказывают аспекты *IQ*, не относящиеся к ИФ.

В другом исследовании изучались долгосрочные эффекты развития самоконтроля в детстве [55], по данным, полученным на когорте из 1000 человек с рождения до 32 лет. Самоконтроль в детстве предсказывает физическое здоровье, зависимость от веществ, личные финансы, криминальные случаи, в соответствии с градиентом самоконтроля. Эффекты самоконтроля в детском возрасте можно было отделить от эффектов интеллекта этих детей, социального класса, а также от ошибок, которые они делали, будучи подростками. В другой когорте из 500 сиблинговых пар сиблинг с более низким самоконтролем имел худшие результаты, несмотря на общую семейную среду.

В результате, авторы полагают, что индивидуальные различия в ИФ, измеренные простыми лабораторными задачами:

- а) показывают и единство и различия (различные ИФ коррелируют, но делимы);
- б) отражают значительный генетический вклад;
- в) связаны с различными клинически и общественно важными феноменами;
- г) демонстрируют достаточно высокую стабильность в развитии, и имеют ранние предикторы для своего развития.

Хотелось бы упомянуть также об отечественном исследовании контроля поведения, конструкта, содержательно близкого ИФ [19]. В лаборатории психологии развития ИП РАН уже более 20 лет развивается концепция контроля поведения, содержательно близкая к идее ИФ, однако представляющая собой интегративную характеристику субъекта, а не только набор сходных совместно развивающихся функций, имеющих

близкую локализацию в мозге. Контроль поведения рассматривается как регулятивная функция субъекта, позволяющая, используя имеющиеся у человека разнообразные ресурсы, организовать целенаправленное поведение. Следует отметить, что контроль поведения по содержанию несколько шире понятия “исполнительные функции” и по своему определению включает не только когнитивную, но и эмоциональную, и волевую регуляцию, являясь субъектной функцией, имеющей три взаимосвязанные подсистемы [17–18]; таким образом, проблема взаимосвязи когнитивной и эмоциональной регуляции, столь актуальная в исследованиях ИФ и имеющая в рамках этого подхода лишь эмпирические доказательства, здесь решена на концептуальном уровне. Сопоставляя эти два подхода, можно предложить некий вариант их совмещения, при котором исполнительные функции рассматриваются как операционализация контроля поведения, своеобразные “инструменты”, при помощи которых субъект осуществляет саморегуляцию.

В рамках изучения контроля поведения было проведено два цикла лонгитюдных исследований – детей раннего возраста 4–42 мес. [8–9] и подростков (14–18 лет) [7], а также детей, адаптирующихся к детскому саду [5]. Нами были получены близкие к изложенным результаты, в том числе, касающиеся генетического вклада в контроль поведения, особенно когнитивный контроль [8]. Общие сроки и тенденции развития также согласуются с данными, имеющимися в мировой литературе [19]. Показана непрерывность и преемственность контроля поведения в этих возрастах, включая кризисные периоды (2 года, 3–4 года – адаптация к детскому саду, 17–18 лет – окончание школы). Показана на выборке детей раннего и дошкольного возраста волнообразность взаимосвязей между компонентами контроля поведения, в частности, эмоциональным с одной стороны и когнитивным и волевым – с другой. К сожалению, не проводилось сопоставления с успешностью и эффективностью детей и подростков в реальной жизни, однако есть данные о том, что дети, показывающие лучшую готовность к школе, имеют также и лучший когнитивный и волевой контроль [15]. Ведутся также исследования взаимосвязи контроля поведения и модели психического, что находится тоже в русле мировых тенденций, получены первые результаты, хотя и разноречивые (как и многое, что касается ИФ) о взаимосвязях ИФ и модели психического (см., напр. [10]).

Подводя итог, можно сказать, что ИФ изучаются в различных парадигмах и различных под-

ходах, однако существование и закономерности развития и структуры самого феномена не вызывают сомнений.

ВЫВОДЫ

Суммируя данные об исполнительных функциях, можно сказать, что хотя нет согласия относительно их точного состава, но круг их составляющих достаточно четко очерчен, траектории развития ИФ также достаточно подробно исследованы, и можно выявить некоторые закономерности (относительную стабильность в развитии, ранние предикторы, связь уровня развития ИФ и/или их предикторов в детстве и позднейшего функционирования во взрослом возрасте, уровня адаптации и успешности взрослых), значительный генетический вклад (хотя конкретные гены и их сочетания еще не выявлены). Нуждается в дальнейшем исследовании и обосновании взаимосвязь когнитивных “холодных” ИФ и эмоциональной регуляции (“горячих” ИФ); определен физиологический базис ИФ, однако конкретные физиологические механизмы (взаимодействие различных корковых зон, роль медиаторов в ИФ-функционировании) нуждаются в дальнейшем исследовании. Также не до конца проработаны еще модели работы ИФ и их включения в общую структуру индивидуального поведения. Многочисленные данные относительно всего перечисленного, возможно, именно в силу своей многочисленности и различия в теоретических подходах/моделях исследователей противоречивы и разнородны. Они различаются в зависимости от возраста, выборки, используемых методов, немного известно о кросскультурных различиях в ИФ и их развитии. Остается открытым вопрос о связи ИФ и личностных характеристик/свойств человека, взаимосвязях ИФ и модели психического как функции, связанной с пониманием Другого, и во многом ключевой для успешной социальной адаптации. Возможные механизмы связи модели психического и саморегуляции могут быть рассмотрены через призму эмоционального и/или социального интеллекта, который, с одной стороны, может базироваться на понимании ментального мира другого, а с другой – является компонентом контроля поведения – более общей регуляторной системы [19], имеющей по сравнению с ИФ преимущество в теоретическом и эмпирическом осмыслении, включающий и интегрирующий более широкий класс регуляторных феноменов, чем только когнитивная регуляция. Изучение ИФ как операциональных показателей контроля поведения может дать дальнейший импульс в исследовании обоих этих конструкторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев А.А., Рупчев Г.Е.* Понятие об исполнительных функциях в психологических исследованиях: перспективы и противоречия // Психологические исследования. 2010. № 4(12). URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 15.12.2014). 0421000116/0036.
2. *Алфимова М.В., Голимбет В.Е., Егорова М.С.* Личностные черты, управляющие функции и генетические особенности метаболизма моноаминов // Психология. Журн. Высшей Школы экономики. 2009. № 4. С. 24–41.
3. *Анохин П.К.* Очерки по физиологии функциональных систем. Москва, “Медицина”, 1975.
4. *Ахутина Т.В., Горина Е.Ю.* Оценка функций программирования и контроля у первоклассников: нейropsychологическое обследование, анализ ошибок на письме, опросник BRIEF // Культурно-историческая психология. 2011. № 3. С. 105–113.
5. *Вантеева Е.В.* Контроль поведения у детей дошкольного возраста в период адаптации к детскому саду // Психологические исследования. 2013. Т. 6, № 27. С. 9. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 25.08.2014).
6. *Величковский Б.Б.* Возможности когнитивной тренировки как метода коррекции возрастных нарушений когнитивного контроля. Экспериментальная психология. 2009. № 3. С. 78–91.
7. *Ветрова И.И., Сергиенко Е.А.* Соотношение контроля поведения, совладания и психологических защит / Стресс, выгорание, совладание в современном контексте / Под. ред. А.Л. Журавлева, Е.А. Сергиенко. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2011. С. 275–296.
8. *Виленская Г.А.* Семейные стратегии поведения и становление индивидуальности ребенка // Психологические проблемы современного российского общества / под ред. А.Л. Журавлева, Е.А. Сергиенко. М.: изд-во “Институт психологии РАН”, 2012. С. 480–508.
9. *Виленская Г.А.* Средовые и генетические влияния на контроль поведения в раннем онтогенезе человека // Психол. журн. 2007. Т. 28. № 4. С. 52–63.
10. *Виленская Г.А., Лебедева Е.И.* Развитие понимания ментального мира и контроля поведения в дошкольном возрасте // Психологические исследования. 2014. Т. 7. № 38. С. 5. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 13.02.2014).
11. *Грачёв В.В., Обухова Е.Ю., Строганова Т.А.* Нарушения внимания у детей с особенностями развития // Вопр. психол. 2008. № 3. С. 61.
12. *Григорьева В.Н., Ковязина М.С., Тхостов А.Ш.* Когнитивная нейрореабилитация больных с очаговыми поражениями головного мозга: учеб. пособие. М.: УМК “Психология”: Изд-во МПСИ, 2006.
13. *Иванов М.В., Незнанов Н.Г.* Негативные и когнитивные расстройства при эндогенных психозах: диагностика, клиника, терапия. СПб.: Изд-во НИПНИ им. В.М. Бехтерева, 2008.
14. *Ковалева Ю.В., Сергиенко Е.А.* Контроль поведения при различном течении беременности // Психол. журн. 2007. Т. 28. № 1. С. 70–82.
15. *Романова Д.* Контроль поведения и его связь с уровнем готовности к школе детей старшего дошкольного возраста. Дипломная работа, ф-т психологии ГАУГН. М., 2011.
16. *Семенова О.А., Кошельков Д.А.* Возрастные особенности выработки стратегии когнитивной деятельности детьми восьми лет и взрослыми // Культурно-историческая психология. 2009. № 1. С. 85–96.
17. *Сергиенко Е.А.* Контроль поведения: индивидуальные ресурсы субъектной регуляции // Психологические исследования. 2009. № 5–7. с. 18 URL: <http://www.psystudy.ru/index.php/num/2009n5-7/223-sergienko7.html> (дата обращения: 15.12.2014).
18. *Сергиенко Е.А.* Системно-субъектный подход: обоснование и перспектива // Психол. журн. 2011. Т. 32. № 1. С. 120–132.
19. *Сергиенко Е.А., Виленская Г.А., Ковалева Ю.В.* Контроль поведения как субъектная регуляция. М.: “Изд-во Институт психологии РАН”, 2010.
20. *Чухотова Г.Л., Цетлин М.М., Пушина Н.П., Грачев В.В., Строганова Т.А.* Когнитивные стратегии конструирования у детей с аутизмом // Психологические исследования. 2011. № 4 (18). URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 01.09.2014).
21. *Шапкин С.А.* Экспериментальное изучение волевых процессов. М.: Смысл, 1997.
22. *Alvarez J.A., Emory E.* Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review // Neuropsychology Review. 2006. No. 16 (1). P. 17–42.
23. *Anderson V.A., Anderson P., Northan E. et al.* Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample // Developmental Neuropsychology. 2001. No. 20 (1). P. 385–406.
24. *Aron A.R.* The neural basis of inhibition in cognitive control // Neuroscientist. 2007. No. 13(3). P. 214–228.
25. *Baddeley A.D.* Working memory. Oxford: Clarendon Press, 1986.
26. *Banich M.T.* Executive function: The search for an integrated account // Current Directions in Psychological Science. 2009. No. 18 (2). P. 89–94.
27. *Barkley R.A.* Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD // Psychological Bulletin. 1997. 121 (1). P. 65–94.
28. *Bjorklund D.F., Harnishfeger K.K.* The evolution of inhibition mechanisms and their role in human cognition and behavior / Dempster F.N. & Brainerd C.J.

- (Eds.). Interference and inhibition in cognition. San Diego: Academic Press, 1995. P. 142–169.
29. Brocki K. C., Eninger L., Thorell L. B., Bohlin G. Interrelations between executive function and symptoms of hyperactivity/impulsivity and inattention in preschoolers: a two year longitudinal study // *Journ. of Abnormal Child Psychology*. 2010. No. 38. P. 163–171.
 30. Burgess P. W., Alderman N., Evans J. J. et al. The ecological validity of tests of executive function // *Journ. of the International Neuropsychological Society*. No. 4. 1998. P. 547–558.
 31. Burnett A. C., Scratch S. E., Anderson P. J. Executive function outcome in preterm adolescents // *Early Human Development*. Vol. 89. No. 4. 2013. P. 215–220.
 32. Carlson S. M., Moses L. J., Claxton L. J. Individual differences in executive functioning and theory of mind: An investigation of inhibitory control and planning ability // *Journ. of Experimental Child Psychology*. 2004. No. 87 (4). P. 299–319.
 33. Chan R. C., Shum D., Touloupoulou T., Chen E. Y. Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues // *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2008. Vol. 2. No. 23 (2). P. 201–216.
 34. De Luca C. R., Leventer R. J. Developmental trajectories of executive functions across the lifespan / Anderson, Peter; Anderson, Vicki; Jacobs, Rani. Executive functions and the frontal lobes: a lifespan perspective. Washington, DC: Taylor & Francis, 2008. P. 3–21.
 35. De Luca C. R., Wood S. J., Anderson V. et al. Normative data from the CANTAB I: Development of executive function over the lifespan // *Journ. of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2003. 25 (2). P. 242–254.
 36. Diamond A. Toward an understanding of the human frontal lobes. [Review of the book *The human frontal lobes: Functions and disorders. The science and practice of neuropsychology series*, by Bruce L. Miller (Ed); Jeffrey L. Cummings (Ed)] // *Contemporary Psychology: APA Review of Books*. 2000. No. 45. P. 564–565.
 37. Friedman N. P., Miyake A., Robinson J. L., Hewitt J. K. Developmental Trajectories in Toddlers' Self-restraint Predict Individual Differences in Executive Functions 14 Years Later: A Behavioral Genetic Analysis // *Developmental Psychology*. 2011 September. No. 47 (5). P. 1410–1430.
 38. Friedman N. P., Miyake A., Young S. E. et al. Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin // *Journ. of Experimental Psychology: General*. 2008. No. 137 (2). P. 201–225.
 39. Gagne J. R., Saudino K. J. Wait for it! A twin study of inhibitory control in early childhood, 2010.
 40. Garon N., Bryson S. E., Smith I. M. Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework // *Psychological Bulletin*. 2008. Jan. No. 134 (1). P. 31–60.
 41. Goldsmith H. H., Buss K. A., & Lemery K. S. Toddler and childhood temperament: Expanded content, stronger genetic evidence, new evidence for the importance of environment // *Dev. Psychol.* 1997. No. 33. P. 891–905.
 42. Goschke T. Decomposing the central executive: Persistence, deactivation, and reconfiguration of voluntary task set / S. Monsell and J. Driver (Eds.). *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000. P. 331–356.
 43. Gyurak A., Goodkind M. S., Kramer J. H. et al. Executive functions and the down-regulation and up-regulation of emotion // *Cognition & Emotion*. 2012. No. 26 (1). P. 103–118.
 44. Gyurak A., Goodkind M. S., Madan A. et al. Do tests of executive functioning predict ability to downregulate emotions spontaneously and when instructed to suppress? // *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*. 2009. No. 9 (2). P. 144–152.
 45. Hongwanishkul D., Happaney K. R., Lee W. S., Zelazo P. D. Assessment of hot and cool executive function in young children: age-related changes and individual differences // *Dev. Neuropsychol.* 2005. No. 28 (2). P. 617–644.
 46. Kieras J. E., Tobin R. M., Graziano W. G., Rothbart M. K. You can't always get what you want: Effortful control and children's reactions to undesirable gifts // *Psychological Science*. 2005. No. 16 (5). P. 354–357.
 47. Kochanska G., Murray K. T., Harlan E. T. Effortful control in early childhood: continuity and change, antecedents, and implications for social development // *Dev. Psychol.* 2000. Mar. No. 36 (2). P. 220–232.
 48. Lezak M. D. Neuropsychological assessment. New York: Oxford University Press, 2004.
 49. Lezak M. D., Howieson D. B., Loring D. W. Neuropsychological Assessment (4th ed.). New York: Oxford University Press, 2004.
 50. Luciana M., Nelson C. A. Assessment of neuropsychological function through use of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery: Performance in 4- to 12-year old children // *Dev. Neuropsychol.* 2002. No. 22 (3). P. 595–624.
 51. McRae K., Jacobs S. E., Ray R. D. et al. Individual differences in reappraisal ability: Links to reappraisal frequency, well-being, and cognitive control // *Journ. of Research in Personality*. 2012. No. 7. P. 253–262.
 52. Miller E. K., Cohen J. D. An integrative theory of prefrontal cortex function // *Annual Review of Neuroscience*. 2001. No. 24 (1). P. 167–202.
 53. Miyake A., Friedman N. P. The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions // *Current Directions in Psychological Science*. February 2012. Vol. 21. No. 1. P. 8–14.

54. Miyake A., Friedman N.P., Emerson M.J. et al. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis // *Cognitive Psychology*. 2000. No. 41 (1) P. 49–100.
55. Moffitt T.E., Arseneault L., Belsky D. et al. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety PNAS February 15, 2011. Vol. 108. No. 7. P. 2693–2698.
56. Munakata Y., Snyder H.R., Chatham C.H. Developing Cognitive Control: Three Key Transitions // *Current Directions in Psychological Science*. 2012. No. 21. P. 71–77.
57. Norman D.A., Shallice T. Attention to action: Willed and automatic control of behaviour / Shapiro D.L., Schwartz G. *Consciousness and self-regulation: advances in research*. New York: Plenum Press, 1986. P. 1–14.
58. Owen A.M. Cognitive planning in humans: neuropsychological, neuroanatomical and neuropharmacological perspectives // *Prog Neurobiol*. 1997. Nov. 53 (4). P. 431–450.
59. Polderman T.J., de Geus E.J., Hoekstra R.A. et al. Attention problems, inhibitory control, and intelligence index overlapping genetic factors: a study in 9-, 12-, and 18-year-old twins // *Neuropsychology*. 2009. May. No. 23 (3). P. 381–391.
60. Posner M.I., Petersen S.E. The attention system of the human brain // *Annual Review of Neuroscience*. 1990. No. 13 (1). P. 25–42.
61. Shallice T. *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1988.
62. Schmeichel B.J., Volokhov R., & Demaree H.A. Working memory capacity and the self-regulation of emotional expression and experience // *Journ. of Personality and Social Psychology*. 2008. No. 95. P. 1526–1540.
63. Schmeichel B. J., & Demaree. H. A. Working memory capacity and spontaneous emotion regulation: High capacity predicts self-enhancement in response to negative feedback // *Emotion*. 2010. No. 10. P. 739–744.
64. Schmeichel B.J., Tang D. The relationship between individual differences in executive functioning and emotion regulation: A comprehensive review / Chapter prepared for J.P. Forgas & E. Harmon-Jones (Eds.), *The control within: Motivation and its regulation*. New York: Psychology Press, 2014.
65. Shallice T. Burgess P.W. The domain of supervisory processes and temporal organisation of behaviour // *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 1996. No. 351 (1346). P. 1405–1412.
66. Stawski R.S., Almeida D.M., Lachman M.E. et al. Fluid cognitive ability is associated with greater exposure and smaller reactions to daily stressors // *Psychol. Aging*. 2010. Jun. No. 25 (2). P. 330–342.
67. Tabibnia G., Monterosso J.R., Baicy K. et al. Different Forms of Self-Control Share a Neurocognitive Substrate // *The Journ. of Neuroscience*, March 30. 2011. 31 (13). P. 4805–4810.
68. Von Hippel W., Gonsalkorale K. That Is Bloody Revolting!: Inhibitory Control of Thoughts Better Left Unsaid // *Psychological Science*. 2005. No. 16 (7). P. 497–500.
69. Wolfe C.D., Bell M.A. Working memory and inhibitory control in early childhood: Contributions from physiology, temperament, and language // *Dev. Psychobiol*. 2004. Jan. No. 44 (1). P. 68–83.
70. Yamagata S., Takahashi Y., Kijima N. et al. Genetic and Environmental Etiology of Effortful Control // *Twin Research and Human Genetics*. 2005. Vol. 8. No. 4. P. 300–306.
71. Zelazo P.D., Carter A., Reznick J., Frye D. Early development of executive function: A problem-solving framework // *Review of General Psychology*. 1997. No. 1 (2). P. 198–226.

EXECUTIVE FUNCTIONS: NATURE AND DEVELOPMENT

G. A. Vilenskaya

PhD, senior research officer, laboratory of psychology of subject's development in normal and posttraumatic states, FSFES, Institute of Psychology RAS, Moscow.

Notion of executive functions – cognitive processes that regulate and control other cognitive functions is considered in the article. The analysis of history and modern state of domestic and foreign researches of the term is presented. Different models of executive functions are described, with such concepts as inhibitory control, control of attention, working memory, representation of a problem, choice of a strategy, planning, search and correction of mistakes being in the forefront. The problems of correlation between executive functions and emotional regulation along with the problems of continuity in development of executive functions are considered. Genetic and environmental contribution to executive functions is evaluated, comparison with “control of behavior” construct is done.

Key words: executive functions, emotional regulation, development, working memory, control of impulsivity, cognitive flexibility, attention, bahavioral control.