

УДК: 159.9

DOI: 10.25629/НС.2023.10.26

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ У ДЕТЕЙ 7-12 ЛЕТ С РАЗЛИЧНЫМИ ЛАТЕРАЛЬНЫМИ ПРЕДПОЧТЕНИЯМИ

Широкова И.В.

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

АННОТАЦИЯ

Способность выбирать адекватные и подавлять нежелательные реакции, в зависимости от внешних и внутренних факторов – это ключевые исполнительные функции, обеспечивающие гибкое и целенаправленное поведение. Развитие исполнительных функций тесно связано с созреванием префронтальной коры головного мозга. Это созревание длится медленно, хотя начинается достаточно рано. Стоит отметить, что формирование право-леворукости тоже обусловлено процессами созревания мозга. Однако до настоящего времени неясно, в какой степени индивидуальные различия таких характеристик, как латеральные предпочтения оказывают влияние на развитие исполнительных функций. Данное исследование было направлено на изучение исполнительных функций у детей с разными латеральными предпочтениями. В исследовании проверялась гипотеза о том, что такие параметры исполнительных функций как тормозный контроль и рабочая память связаны с характеристиками латеральной асимметрии. Выборка из 160 детей в возрасте от 7 до 12 лет была протестирована на показатели тормозного контроля и рабочей памяти. Оценка латеральных предпочтений основывалась на описании асимметрии в сенсорной и моторной сфере (профиль функциональной сенсомоторной асимметрии). Для оценки тормозного контроля использовали парадигму go/go and go/no-go. С этой целью была использована методика РеБОС, состоящая из 3-х серий: тренировочной, простой (go/go) и сложной (go/no-go) сенсомоторной реакций. Рабочая память изучалась с использованием заданий на запоминание – компьютерного теста, состоящего из 3-х повторяющихся серий. При анализе результатов были выявлены два механизма рабочей памяти: забывание как следствие воспроизведения и обучение как следствие воспроизведения. Подтверждающий факторный анализ показал, что скорость созревания мозговых процессов у детей с разными латеральными предпочтениями может различаться. Полученные данные свидетельствуют о том, что формирование исполнительных функций у детей изучаемого возраста частично зависит от латеральных предпочтений (профиля функциональной сенсомоторной асимметрии).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

исполнительные функции, тормозный контроль, рабочая память, когнитивная гибкость, функциональная асимметрия мозга, индивидуальный латеральный профиль.

ВВЕДЕНИЕ

Исполнительные функции (также иногда называемые как управляющие функции или когнитивный контроль) – совокупность нисходящих ментальных функций, которые регулируют, контролируют и управляют другими когнитивными процессами, необходимыми для регуляции целенаправленного поведения [9, с. 1; 3, с. 62]. Выделяют три основных домена исполнительных функций: тормозный контроль (inhibitory control), когнитивная гибкость (cognitive flexibility) и рабочая память (working memory) [13; 12, с.60; 14; 7, с.136]. На их основе строятся процессы более высокого порядка, такие как рассуждение, решение проблем, планирование и др. [8, с. 225].

Тормозный контроль предполагает способность человека контролировать внимание, мысли и/или эмоции (обусловленные внутренними или внешними факторами), обеспечивая

механизм целенаправленного поведения. Рабочая память обеспечивает временное хранение информации, а также доступ для непосредственной ее обработки. Когнитивная гибкость предполагает адаптацию к новым требованиям, правилам или приоритетам (например, при переключении между задачами), тем самым, предоставляя возможность поиска альтернативных решений [13; 4].

Эффективность исполнительных функций зависит от наличия зрелых префронтальных областей, которые в онтогенезе формируются достаточно поздно [6].

КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ (ЛИТЕРАТУРЫ)

В последние годы все большее внимание уделяется изучению и развитию исполнительных функций в детском и подростковом возрасте, поскольку исполнительные функции – это навыки, необходимые для психического и физического здоровья, успеха в школе и в жизни, а также когнитивного, социального и психологического развития. Существуют данные о том, что когнитивные способности могут значительно отличаться в зависимости от индивидуальных особенностей человека [11]. Есть предположение, что такие индивидуальные особенности, как латеральные предпочтения, отражают не только специфику распределения активности в полушариях мозга, но и особенности созревания самого мозга [10]. Как было отмечено выше, качество исполнительных функций и определяется созреванием мозговых структур [6].

Однако мозговые механизмы исполнительных функций пока окончательно не ясны, как остаются невыясненными также многие особенности и механизмы когнитивного функционирования в зависимости от функциональной асимметрии органов, например, таких характеристик, как латеральные предпочтения (ведущая рука, нога, ухо и глаз). Также, большинство исследований по исполнительным функциям проведено с участием только правой (или без учета латеральной асимметрии), из-за чего многие вопросы остаются весьма спорными.

Именно поэтому возникло предположение, что развитие исполнительных функций, опосредуемое скоростью созревания мозговых процессов, у людей с разными латеральными предпочтениями может различаться. Это предположение и проверялось в данной работе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В экспериментальном кросс-секционном исследовании приняли участие учащиеся 1-х, 4-х и 6-х классов. Было обследовано 160 нормативно развивающихся детей в возрасте от 7 до 12 лет.

У всех детей был оценен тип профиля функциональной сенсомоторной асимметрии с помощью набора проб, наиболее часто встречающихся в литературе [2] и позволяющих выявить ведущую руку, ногу, глаз, ухо, а также определить совокупный показатель.

Кроме этого были оценены тормозные процессы. Тормозные процессы зависят от созревания префронтальной коры, имеющей связи с нижележащими отделами мозга, которая в свою очередь, позволяет оказывать регулирующее воздействие на процессы интегрирования восприятия с моторным ответом. Таким образом, в качестве метода оценки тормозного контроля детей изучаемого возраста применялась оценка простой и сложной сенсомоторной реакции, с помощью методики РЕБОС (автор Е.Г. Вергунов). Данная методика применяется в отечественном варианте и соответствует парадигме go/go и go/no-go. В простой сенсомоторной реакции испытуемый должен реагировать на все предъявляемые стимулы (go/go). В сложной сенсомоторной реакции испытуемому предлагается не реагировать при появлении определенного сигнала (go/no-go). В данном случае оценивается скорость выработки тормозного ответа, возможности нервной системы проявлять гибкость при взаимодействии с внешней средой.

Рабочая память изучалась с использованием заданий на запоминание – компьютерного теста, состоящего из 3-х повторяющихся серий [5]. При анализе результатов были выявлены два механизма рабочей памяти: забывание как следствие воспроизведения (Retrieval-Induced Forgetting, RIF), в основе которого лежит, механизм интерференционного торможения, и обучение как следствие воспроизведения (Retrieval-Based Learning, RBL) – улучшение воспроизведения по мере выполнения задания, сопряженного с рабочей памятью [4].

Кроме оценки параметров исполнительных функций выявляли уровень невербального интеллекта с помощью методики определения уровня общего и невербального интеллекта «Цветные прогрессивные матрицы» Дж. Равена. Целью применения методики было доказательство того, что все дети имели интеллект в пределах нормы.

Для статистической обработки данных использовался пакет программ IBM SPSS Ver.22.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Факторный анализ

На первом этапе был проведен факторный анализ для группировки взаимосвязанных параметров. Было получено четырехфакторное решение при мере адекватности выборки Кайзера-Мейера-Олкина (КМО) равной 0.593, что свидетельствовало о возможности использовать полученные результаты. Процент объясненной дисперсии составил 60,7% (таблица 1).

Таблица 1 – Повернутая матрица компонентов

	Компонент			
	1	2	3	4
Возраст	,917	,102	,094	-,007
Уровень интеллекта	,866	,112	-,112	-,008
Время в простой сенсомоторной реакции	-,639	,402	-,145	-,121
Время в сложной сенсомоторной реакции	-,572	,523	-,083	,056
Пропуски сложной сенсомоторной реакции	-,061	,756	,100	-,041
Пропуски в простой сенсомоторной реакции	,060	,644	,177	,049
Пол	,054	-,092	,735	,065
Ошибки в сложной сенсомоторной реакции	,175	,359	,709	-,165
Профиль	,056	-,186	-,607	,061
Первое воспроизведение	,052	-,032	-,101	,813
Забывание	,007	,166	-,131	,746
Обучение	,045	,221	-,344	-,537
Метод выделения факторов: метод главных компонент.				
Метод вращения: варимакс с нормализацией Кайзера.				
а. Вращение сошлось за 5 итераций.				

Первый фактор (19,8% объясненной дисперсии) включал высоким весом (0,917) возраст испытуемых и интеллект (оцененный с помощью теста Равена) и время реакции в простой и сложной сенсомоторных реакциях. Это означает, что интеллект и время реакции зависят от возраста: чем старше, тем выше интеллект и меньше время реакции (больше скорость).

Второй фактор (14,1% объясненной дисперсии) включает пропуски в простой и сложной сенсомоторных реакциях, что демонстрирует уровень внимания. Важно, что этот параметр не зависит от возраста и видимо определяется какими-то параметрами, которые не рассматриваются в нашем тестировании.

Третий фактор (13,7% объясненной дисперсии) включает параметры пол, число ошибок и профиль сенсомоторной асимметрии. Следовательно, леворукие мальчики делают больше ошибок в сложной сенсомоторной реакции, что свидетельствует о том, что их тормозные процессы созревают существенно позднее, чем у праворуких мальчиков и у всех девочек.

Четвертый фактор (13,0% объясненной дисперсии) включает параметры рабочей памяти: объем первого воспроизведения, забывание как следствие воспроизведения и обучение как следствие воспроизведения: чем больше первое воспроизведение, тем больше интерференция, а потому выраженнее забывание и тем меньше обучение, обусловленное воспроизведением.

Такая структура факторов позволила выстроить последовательность дальнейшего анализа. Далее мы провели пошаговый линейный регрессионный анализ с целью изучения параметров, влияющих на развитие исполнительных функций.

*Регрессионный анализ***1. Модель: факторы, влияющие на формирование тормозного контроля у детей младшего школьного возраста и младших подростков**

Был выполнен множественный регрессионный анализ пошаговым методом с критерием F включенности в анализ 0.05 и вероятностью F для исключения 0.10. В анализ вошли данные всех испытуемых.

Проводилась оценка параметров, влияющих на зависимую переменную «тормозный контроль» (число ошибок). Предварительно предполагалось, что на него могут влиять возраст испытуемых, тип асимметрии (согласно факторному анализу тормозный контроль должен быть более зрелым у тех, у кого больше правых признаков), уровень интеллекта, пол (у девочек в каждом возрастном периоде в данном диапазоне должен быть выше). Кроме того, мы предположили возможную связь с механизмами рабочей памяти – забыванием как следствием воспроизведения и обучением как следствием воспроизведения.

Однако регрессионный анализ отклонил механизмы рабочей памяти и уровень интеллекта. Можно предположить, что это связано с тем, что интеллект в значительной мере на этом этапе обусловлен средовыми факторами. Это в более позднем возрасте он все более и более будет предопределяться генетическими механизмами. Ранее было показано, что рабочая память в онтогенезе развивается не независимо от тормозных процессов. Именно поэтому, анализируя исполнительные функции, отдельно выделяют тормозные процессы и рабочую память.

Для полученной модели коэффициент коллинеарности Дарбина – Уотсона составил 1,938 (что больше 1.5 и меньше 2,5), то есть анализ соответствует требованиям. Скорректированный R^2 (коэффициент детерминации) равен 0,238. Следовательно, практически четверть изменений зависимой переменной объясняется совместным действием трех независимых переменных (таблица 2). Модель включает влияние следующих переменных пол ($\beta=0,303$, $p=0,000$), профиль ($\beta=-0,299$, $p=0,000$) и возраст ($\beta=0,167$, $p=0,024$). Следовательно, тормозный контроль хуже у леворуких мальчиков, но он улучшается с возрастом.

Таблица 2 – Параметры, влияющие на тормозный контроль учащихся

Тормозный контроль		Скорректированный R^2	Коэффициент Дарбина – Уотсона
Пол	$\beta=0,303$, $p=0,000$	0,238	1,938
Профиль	$\beta=-0,299$, $p=0,000$		
Возраст	$\beta=0,167$, $p=0,024$		

2. Факторы, влияющие на формирование рабочей памяти у детей младшего школьного возраста и младших подростков

Был выполнен множественный регрессионный анализ пошаговым методом с критерием F включенности в анализ 0.05 и вероятностью F для исключения 0.10. Данные всех испытуемых вошли в анализ.

Проводилась оценка параметров, влияющих на первое воспроизведение в рабочей памяти. Предварительно предполагалось, что на него могут влиять возраст испытуемых, тип асимметрии, уровень интеллекта, пол, число пропусков в простой и сложной сенсомоторных реакций и время реакции. Однако ни один из изучаемых параметров не оказался связанным с рабочей памятью (таблица 3).

Таблица 3 – Параметры, влияющие на переменную «рабочая память» у всех учащихся

Рабочая память		Скорректированный R^2	Коэффициент Дарбина – Уотсона
Плечевой тест	$\beta=-0,157$, $p=0,064$	0,054	2,027
Тормозный контроль	$\beta=-0,213$, $p=0,013$		

Для полученной модели коэффициент коллинеарности Дарбина – Уотсона составил 2,027 (что больше 1,5 и меньше 2,5), то есть анализ соответствует требованиям. Скорректированный R^2 (коэффициент детерминации) равен 0,054 уровень значимости, $p=0,020$. Следовательно, практически четверть изменений зависимой переменной объясняется совместным действием трех независимых переменных.

Модель включает влияние следующих переменных плечевой тест ($\beta=-0,157$, $p=0,064$), тормозный контроль ($\beta=-0,213$, $p=0,013$). Следовательно, рабочая память тем хуже, чем больше вероятность левого варианта плечевого теста и выше тормозный контроль.

3. Факторы, влияющие на уровень развития интеллекта детей младшего школьного возраста и младших подростков

Проводилась оценка параметров, влияющих на сформированность интеллекта у детей в изучаемой возрастном диапазоне. Предварительно предполагалось, что на него могут влиять возраст испытуемых, тип асимметрии, пол (у девочек в каждом возрастном периоде в данном диапазоне должен быть выше).

Для полученной модели коэффициент коллинеарности Дарбина – Уотсона составил 1,492 (что близко к границе 1,5 и меньше 2,5), то есть анализ соответствует требованиям. Скорректированный R^2 (коэффициент детерминации) равен 0,545. Следовательно, больше половины изменений зависимой переменной объясняются действием одной независимой переменной «возраст» (таблица 4).

Модель включает влияние одной независимой переменной «возраст» ($\beta=0,303$, $p=0,000$). Следовательно, тормозный контроль хуже у леворуких мальчиков, но он улучшается с возрастом.

Таблица 4 – Параметры, влияющие на тормозный контроль у всех учащихся

Интеллект		Скорректированный R^2	Коэффициент Дарбина – Уотсона
Возраст	$\beta=0,167$, $p=0,024$	0,545	1,492

4. Модель: факторы, влияющие на успешность обучения в школе детей младшего школьного возраста и младших подростков

Был выполнен множественный регрессионный анализ пошаговым методом с критерием F включенности в анализ 0.05 и вероятностью F для исключения 0.10.

Проводилась оценка параметров, влияющих на зависимую переменную «успешность обучения» (средняя оценка по всем предметам). Предварительно предполагалось, что на переменную могут влиять возраст испытуемых, профиль ФСМА, уровень интеллекта, пол, память, забывание и обучение. Однако в регрессионном анализе остались 3 переменные: профиль, возраст, обучение как следствие воспроизведения (таблица 5).

Для полученной модели коэффициент коллинеарности Дарбина – Уотсона составил 1,953 (что больше 1,5 и меньше 2,5), то есть анализ соответствует требованиям. Скорректированный R^2 (коэффициент детерминации) равен 0,269. Следовательно, практически четверть изменений зависимой переменной объясняется совместным действием трех независимых переменных.

Модель включает влияние следующих переменных возраст ($\beta=-422$, $p=0,000$), профиль ($\beta=0,268$, $p=0,000$) и обучение как следствие воспроизведения ($\beta=0,136$ $p=0,059$). Следовательно, обучение тем лучше, чем младше учащийся, у него больше правых признаков, тем выше обучение в процессе обследования.

Таблица 5 – Параметры, влияющие на переменную «успешность обучения» учащихся

Успешность обучения		Скорректированный R ²	Коэффициент Дарбина – Уотсона
Возраст	$\beta=-0,422$, $p=0,000$	0,269	1,953
Профиль	$\beta=0,268$, $p=0,000$		
Обучение	$\beta=0,136$, $p=0,059$		

ВЫВОДЫ

1. Тормозный контроль определяется механизмами созревания нервной системы, и он тем выше, чем старше учащийся и чем больше у него правых латеральных признаков.
2. Рабочая память в данном возрастном диапазоне не зависит от латеральных предпочтений.
3. Успешность обучения в школе у учащихся начальной школы и младших подростков тем выше, чем меньше возраст учащихся, больше правых признаков в латеральном профиле и выражен механизм обучения как следствие воспроизведения в рабочей памяти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, Наши данные свидетельствуют о том, что формирование исполнительных функций у детей изучаемого возраста частично зависит от латеральных предпочтений. Можно отметить, что работа исполнительных функций связана с успешностью освоения ребенком учебной программы. Следовательно, леворукий ребенок с более медленными процессами созревания мозга в данном возрастном диапазоне уступает праворуким детям, что отражается в ухудшении успеваемости. Преподаватель должен поддерживать определенную скорость подачи материала на уроке, что будет позволять детям с большим числом левых признаков успевать за происходящим на уроке.

Полученные нами данные подтверждают, что процесс обучения, должен опираться на физиологические закономерности организации и управления поведением и деятельностью человека на отдельных этапах онтогенеза.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Вергунов, Е.Г. Опыт применения методов визуализации в качественном анализе тайм-теста онтогенезе [Текст: непосредственный] / Е.Г. Вергунов, Е.И. Николаева // Мир науки, культуры образования, 2009, № 7-2, с. 128–131.
2. Николаева Е.И. Леворукий ребёнок: диагностика, обучение, коррекция: Учебно-методическое пособие: Рек. УМО РГПУ. – СПб: Детство-Пресс. – 2005.
3. Николаева, Е.И. Что такое “executive functions” и их развитие в онтогенезе [Текст: непосредственный] / Е.И. Николаева, Е.Г. Вергунов // Теоретическая и экспериментальная психология, 2017 – №2. – С. 62-81.
4. Разумникова О.М. Значение тормозного контроля в онтогенезе когнитивных функций. Role of inhibitory control in ontogenesis of cognitive functions [Электронный ресурс] / О.М. Разумникова, Е.И. Николаева // Когнитивные исследования на современном этапе (КИСЭ-2017): материалы Всерос. конф., Казань, 2017г. – Казань, 2017.
5. Разумникова, О. М., Савиных, М. А. Программный комплекс для определения характеристик зрительно-пространственной памяти // Авторское свидетельство. 2016617675. Дата регистрации 12.07.2016. Выдано Роспатентом.
6. Best J. R., Miller P. H. 2010. A developmental perspective on executive function. Child Dev. 81, 1641–1660.
7. Diamond A. Executive functions. Annu Rev. Psychol. 2013. 64: 135–168.
8. Diamond, A. “Executive functions”. Handbook of clinical neurology 173 (2014): 225-2400.

9. Hartung, J., Engelhardt, L., Thibodeaux, M., Harden, K., Tucker-Drob, E. (2019). Developmental transformations in the structure of executive functions. *Journal of experimental child psychology*. 189. 104681. 10.1016/j.jecp.2019.104681.

10. Hill, E., Khanem F. 2009. The development of hand preference in children: The effect of task demands and links with manual dexterity. *Brain and Cognition. Psychology, Medicine*.

11. Jasem Y Al-Hashel, Samar Farouk Ahmed, Hanouf Al-Mutairi, Shahd Hassan, N.O.R.A. Al-Awadhi and Mariam Al-Saraji. 2016. Association of Cognitive Abilities and Brain Lateralization among Primary School Children in Kuwait. *Neuroscience Journal* 2016: n. pag.

12. Lehto JE, Juujärvi P, Kooistra L, Pulkkinen L. Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*. 2003;21:59–80.

13. Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witski, A. H., Howerter, A., and Wager, T. D. 2000. The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cogn. Psychol.* 41, 49–100.

14. Unsworth, N., & Robison, M. (2019). Working Memory Capacity and Sustained Attention: A Cognitive-Energetic Perspective. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 46. 10.1037/xlm0000712.

FEATURES OF EXECUTIVE FUNCTIONS IN CHILDREN 7-12 YEARS OLD WITH DIFFERENT LATERAL PREFERENCES

Shirokova I.V.

Russian State Pedagogical University named after. A. I. Herzen

ABSTRACT

The ability to select adequate and suppress undesirable reactions, depending on external and internal factors, are key executive functions that ensure flexible and goal-directed behavior. The development of executive functions is closely related to the maturation of the prefrontal cortex. This maturation lasts slowly, although it begins quite early. It is worth noting that the formation of right-left-handedness is also due to the processes of brain maturation. However, it is still unclear to what extent individual differences in characteristics such as lateral preferences influence the development of executive functions. This study was aimed at studying executive functions in children with different lateral preferences. The study tested the hypothesis that such parameters of executive functions as inhibitory control and working memory are associated with characteristics of lateral asymmetry. A sample of 160 children aged 7 to 12 years was tested on measures of inhibitory control and working memory. Assessment of lateral preferences was based on a description of asymmetry in the sensory and motor spheres (functional sensorimotor asymmetry profile). To assess inhibitory control, the go/go and go/no-go paradigms were used. For this purpose, the ReBOS technique was used, consisting of 3 series: training, simple (go/go) and complex (go/no-go) sensorimotor reactions. Working memory was studied using memory tasks, a computer test consisting of 3 repeated series. When analyzing the results, two mechanisms of working memory were identified: forgetting as a consequence of reproduction and learning as a consequence of reproduction. Confirmatory factor analysis showed that the rate of maturation of brain processes in children with different lateral preferences may differ. The data obtained indicate that the formation of executive functions in children of the studied age partly depends on lateral preferences (profile of functional sensorimotor asymmetry).

KEYWORDS

executive functions, inhibitory control, working memory, cognitive flexibility, functional brain asymmetry, individual lateral profile.