

## СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ СЕНСОМОТОРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ С ОБЪЕМОМ И ИНТЕРФЕРЕНЦИЕЙ В РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ У ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ

Николаева Е.И.<sup>1</sup>, Сутормина Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, e-mail: klemtina@yandex.ru

Цель исследования состояла в сравнении параметров простой и сложной сенсомоторных реакций и параметров рабочей памяти у детей 5-6 лет. Оба эти процесса зависят от формирования тормозных механизмов, а потому встал вопрос об общности или различии этих механизмов. Сенсомоторные реакции выполняются в модификации Е.Г. Вергунова и Е.И. Николаевой (2009): сначала выполняется тренировочная серия, затем простая сенсомоторная реакция, в рамках которой вырабатывается определенный навык - нажимать на клавишу «пробел» при предъявлении любых сигналов, наконец ребенок должен выполнить серию, в которой ему нельзя нажимать клавишу при появлении определенного стимула, на который он уже выучился реагировать. Рабочая память оценивается с помощью компьютерной методики О.М. Разумниковой и М.А. Савиных (2016). Проведен регрессионный анализ полученных данных. Показано, что объем рабочей памяти у детей связан со временем простой и сложной сенсомоторных реакций, тогда как интерференция между первым и вторым предъявлением информации связана с числом пропусков в тренировочной серии. Наши данные предполагают, что формирование рабочей памяти и сенсомоторная интеграция зависят от одних и тех же процессов созревания мозга. Можно предположить, что оба эти процесса предопределяются уровнем созревания префронтальных отделов коры головного мозга.

Ключевые слова: простая сенсомоторная реакция, сложная сенсомоторная реакция, тормозные процессы, сенсомоторная интеграция, рабочая память.

## THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE PARAMETERS OF SENSORIMOTOR INTEGRATION WITH THE SIZE AND INTERFERENCE IN WORKING MEMORY IN CHILDREN OF 5-6 YEARS

Nikolaeva E.I.<sup>1</sup>, Sutormina N.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VO «Herzen state pedagogical university», Saint-Petersburg, e-mail: klemtina@yandex.ru

The aim of the study was to compare the parameters of simple and complex sensorimotor reactions and parameters of working memory in children of 5-6 years old. Both of these processes depend on the formation of inhibitory mechanisms, and therefore the question arose about the generality or difference of these mechanisms. Sensorimotor reactions are performed in modification by E. G. Vergunov and E. I. Nikolaeva (2009): first, a training series were performed, then a simple sensorimotor reaction within which a certain skill is developed - to press the spacebar when any signals are presented, finally, the child must perform a series in which he (she) can not press the key when a certain stimulus appears, to which he has already learned to react. Working memory is evaluated using computer methods by O. M. Razumnikova and M. A. Savinykh (2016). The regression analysis of the obtained data was carried out. It is shown that the amount of working memory in children is associated with the time of simple and complex sensorimotor reactions, while the interference between the first and second presentation of information is associated with the number of passes in the training series. Our data suggest that the formation of working memory and sensorimotor integration depend on the same processes of brain maturation. It can be assumed that both of these processes are predetermined by the level of maturation of the prefrontal cortex.

Keywords: simple sensorimotor reaction, complex sensorimotor reaction, braking processes, sensorimotor integration, working memory.

Сенсомоторная интеграция – конвергенция сенсорных и моторных сигналов на нейронах лобной коры, обеспечивающая точную ориентацию человека в пространстве [1; 2]. Сенсомоторная интеграция лежит в основе всех психических процессов, любой двигательной активности и в конечном итоге является физиологической основой картины мира индивидуума. Она формируется постепенно в раннем онтогенезе еще до рождения и

постоянно корректируется на протяжении всей жизни [3; 4]. Точность сенсомоторной интеграции и ее изменения предопределяются качеством тормозных процессов, которые, в свою очередь, зависят от процессов созревания в мозге и специфики воспитания. Тормозные процессы являются основой гибкости нервной системы, ограничивая одни процессы, что позволяет формироваться новым связям и новому поведению.

Именно тормозные процессы формируются одними из последних, поскольку зависят от созревания нейронов префронтальной коры [5; 6].

Тормозные процессы и рабочая память – это компоненты исполнительных (executive) функций, которые предопределяют изменение поведения. Большую часть времени люди, и прежде всего дети, выполняют стереотипные действия. Они не требуют вмешательства сложных мозговых механизмов. Но порой нужно изменить поведение, тогда включаются новые процессы. В английской литературе эти механизмы называются executive functions. Нет адекватного перевода этого термина на русский язык, поскольку executive по-русски означает как «исполнительный», так и «регуляторный». Название предполагает, что эти функции отвечают за оба процесса сразу. Но в русском языке нет такого объединительного термина. Часть исследователей называет их исполнительные, другая часть - регуляторными.

Тормозные процессы обеспечивают прекращение устаревших форм поведения, тогда как рабочая память обслуживает запоминание отдельных этапов поведения, пока само поведение не завершилось [5]. Рабочая память формируется параллельно процессам сенсомоторной интеграции и также зависит от тормозных процессов, связанных с механизмами интерференции [7]. Интерференция - наложение одной информации на другую. В дошкольном возрасте при очень высоком уровне запоминания отмечается и высокий уровень интерференции, что позволяет ребенку запоминать только часто повторяющуюся информацию и в конце концов пренебрегать редкой и случайной. Интерференция, в свою очередь, тормозит воспроизведение информации. Наложение проактивной и ретроактивной интерференции ведет к резкому снижению уровня воспроизведения. В то же время данные о соотношении тормозного контроля и интерференционных влияний в рабочей памяти у детей дошкольного возраста крайне противоречивы. С одной стороны, говорится о полной независимости этих процессов [8], развитие которых предопределяется разными влияниями: рабочая память связана с когнитивной поддержкой матери и уровнем ее стресса в период раннего детства ребенка, тогда как тормозный контроль определяется эмоциональной поддержкой матери. Согласно данной работе, два вида тормозных процесса независимы. Однако есть данные и о том, что они взаимосвязаны [9].

Сенсомоторную интеграцию можно оценить с помощью простой и сложной сенсомоторных реакций, которые выявляют реагирование испытуемого на стимулы

различной степени сложности в различных экспериментальных условиях. В этом случае в простой сенсомоторной реакции вырабатывается определенная реакция испытуемого, например ему предлагается нажимать на клавишу «пробел» при появлении каждого стимула на экране компьютера. Затем в рамках сложной сенсомоторной реакции запрещается реагировать на один из стимулов, на которые ранее испытуемый обязан был реагировать. В этом случае количество ошибочных реакций может служить измерителем тормозных процессов у человека.

Наибольший интерес представляет изучение сочетания сформированности сенсомоторной интеграции, тормозных процессов и рабочей памяти у дошкольников, поскольку в этом возрасте все эти процессы находятся только в стадии формирования. Более того, эти процессы зависят не только от внутренних генетических процессов развертывания программы развития организма, но и от многочисленных влияний, определяемых отношением к ребенку ближайшего окружения, наличия необходимых для жизнедеятельности организма питательных веществ и т.д. Это и будет предопределять разброс данных, который наблюдается во всех исследованиях, где испытуемыми являются дети.

Цель исследования состояла в сравнении параметров простой и сложной сенсомоторных реакций и параметров рабочей памяти у детей 5-6 лет. Оба эти процесса зависят от формирования сенсомоторной интеграции и тормозных механизмов, а потому встал вопрос об общности или различии этих механизмов.

### **Материалы и методы исследования**

В процессе работы были обследованы 58 детей нормативного развития (32 девочки, 26 мальчиков, возраст  $5,8 \pm 0,6$  года), посещающих ДООУ в Санкт-Петербурге.

Исследование состояло из двух частей: сначала проводилась оценка сенсомоторной интеграции, затем изучение объема и интерференции в рабочей памяти.

Сначала были оценены параметры простой и сложной сенсомоторных реакций с помощью методики РеБОС [10]. Под простой сенсомоторной реакцией понималась максимально быстрая ответная реакция ребенка на предъявляемый раздражитель. В данном случае реакция представляла собой нажатие на клавишу «пробел» при каждом появлении на экране компьютера круга любого цвета. Под сложной сенсомоторной реакцией понималось изменение реагирования, связанное с тем, что ребенку запрещалось нажимать на клавишу «пробел» при появлении кругов красного цвета, хотя ранее он уже привык реагировать на этот стимул. Предполагается, что в данном случае можно оценить эффективность тормозных процессов в центральной нервной системе. Оценивались в каждом случае время реакции в мс и число пропусков (отсутствие реакции ребенка на предъявляемый стимул, на который

ожидалась его реакция). В сложной сенсомоторной реакции дополнительно оценивалось число ошибок, то есть реагирование на появление круга красного цвета.

Для того чтобы убедиться, что ребенок понял инструкцию, до выполнения этих реакций проводилась тренировочная серия, состоящая из 8 стимулов, появляющихся через один интервал.

Если в тренировочной серии стимулы появлялись через один и тот же интервал, то в экспериментальных сериях у потока сигналов была фрактальная структура.

Для оценки объема и интерференции в рабочей памяти использовали компьютеризированную методику запоминания зрительно предъявленных стимулов [11]. Ребенку трижды предъявляли один и тот же набор стимулов (в разной последовательности при каждом предъявлении). При первом предъявлении на экране в случайном порядке появлялись три стимула из набора в 30 объектов живого мира разных категорий, разного цвета и разного пространственного расположения (бабочки, листья, цветы и т.д.). Ребенок на сенсорном экране нажимал на объект. Согласно инструкции, можно было нажимать лишь на тот объект, на который ранее не было нажатий. Повторное нажатие на один и тот же объект приводило к завершению предъявления. Время выполнения задания не регламентировалось.

В процессе выполнения исследования фиксировалось число правильно воспроизведенных объектов при каждом предъявлении и процент выполнения. Далее вычислялась интерференция - изменение числа воспроизведений от предъявления к предъявлению.

Для статистической обработки данных использовали пакет программ IBM SPSS Statistics Ver.22. Проводилась качественная обработка и регрессионный анализ полученных данных.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Изменение объема рабочей памяти в трех попытках представлено в таблице 1.

Таблица 1

Объем рабочей памяти детей 5-6 лет в трех попытках (среднее и стандартное отклонение)

Попытки		
Первая	Вторая	Третья
12,9±6,3	10,7±6,6	9,6±6,2

Поскольку стандартное отклонение достаточно велико (хотя его величина сохраняется во всех трех попытках), значимых различий в объеме воспроизводимого материала не выявлено, хотя представлено ожидаемое максимальное воспроизведение предъявленных элементов в первой попытке и постепенное снижение объема воспроизводимого материала к

третьей. Очевидно, что в первом случае интерференция как таковая отсутствует, тогда как во втором и третьем случаях наблюдается все нарастающая проактивная интерференция [11].

Мы уже говорили о том, что для данного возраста характерен большой разброс результатов детей, что определяется социальной обстановкой, в которой пребывает ребенок.

В таблице 2 представлены данные о среднем времени простой и сложной сенсомоторных реакций. Из таблицы видно, что в тренировочной серии достаточно большое время реакции и очень большое стандартное отклонение, что говорит о том, что дети с разной скоростью вработываются и понимают суть задания. Часть детей не воспринимает инструкцию и понимает, что нужно делать, только по мере выполнения задания. Этот большой разброс в действиях детей не позволяет получить значимые различия в скорости выполнения тренировочной серии и простой сенсомоторной реакции.

Однако выполнение сложной сенсомоторной реакции значительно увеличивает время реакции у всех детей, что отражает несформированность тормозных процессов и крайнюю сложность выполнения задания для детей данного возраста.

Таблица 2

Среднее время простой и сложной сенсомоторных реакций у детей 5-6 лет (среднее и стандартное отклонение)

Время реакции (мс)		
Тренировочная серия	Простая сенсомоторная реакция	Сложная сенсомоторная реакция
499,5±231,1	413,6±63,9	571,9±82,8**

Примечание: \*- различия с уровнем значимости  $p \leq 0,05$ ; \*\* - различия с уровнем значимости  $p \leq 0,01$  (критерий Стьюдента).

В таблице 3 представлено число пропусков и ошибок при выполнении сенсомоторных реакций детьми. Из нее видно, что число пропусков значительно увеличивается при переходе от одной серии к другой, а число ошибок - нажатие на запрещенный сигнал - крайне велико у всех детей.

Таблица 3

Число пропусков и ошибок в сенсомоторных реакциях у детей (среднее и стандартное отклонение)

Число пропусков и ошибок			
Число пропусков в тренировочной	Число пропусков в простой	Число пропусков в сложной	Число ошибок в сложной

серии	сенсомоторной реакции	сенсомоторной реакции	сенсомоторной реакции
1,0±1,1	4,6±4,2*	9,5±4,6**	10,76±4,2

Примечание: обозначения, как на табл. 3. Отличия относительно данных тренировочной серии.

Для оценки взаимного влияния параметров друг на друга был проведен регрессионный анализ. Мы применили линейный регрессионный анализ, следовательно, коэффициент  $\beta$  равен коэффициенту корреляции, а  $R^2$  – процент объясненной дисперсии. Значимого влияния независимой переменной «объем рабочей памяти» на изучаемые зависимые переменные обнаружено не было.

Оказалось, что независимая переменная «объем рабочей памяти во второй попытке» значимо связана с зависимой переменной «среднее время сложной сенсомоторной реакции» (табл. 4). Вторая попытка для многих детей была столько же сложной, что и сложная сенсомоторная реакция, поскольку они впервые сталкивались осознанно с интерференционным тормозным процессом.

Таблица 4

Влияние независимой переменной «объем рабочей памяти во второй попытке» на зависимые переменные

Переменные	$\beta$	$R^2$	P
Среднее время сложной сенсомоторной реакции	-0,284	0,081	0,02981

Далее было оценено влияние независимой переменной «объем рабочей памяти в третьей попытке» на зависимые переменные (табл. 5). Значимое влияние обнаружено для двух переменных: «объем рабочей памяти в третьей попытке».

Таблица 5

Влияние независимой переменной «объем рабочей памяти в третьей попытке» на зависимые переменные

Переменные	$\beta$	$R^2$	P
Среднее время реакции в простой сенсомоторной реакции	-0,327	0,107	0,011
Число пропусков в сложной сенсомоторной реакции	-0,280	0,079	0,032

При выполнении третьей попытки ребенок уже знал, что встретится с трудностями

различия материалов каждой из попыток, поэтому понятна эта обратная связь со временем простой сенсомоторной реакции объема воспроизведенного материала: его тем меньше, чем дольше испытуемый отвечал на появление стимула в простой сенсомоторной реакции. Но ожидание все равно не соответствовало трудностям, поэтому число воспроизведенных стимулов обратным образом связано с числом пропусков в сложной сенсомоторной реакции.

Наконец, влияние независимой переменной «интерференция между первым и вторым предъявлением» (табл. 6) оказалось значимым для пропусков в тренировочной серии. Можно представить, что оба процесса отражают процесс вработывания в новую деятельность.

Таблица 6

Влияние независимой переменной «интерференция между первым и вторым предъявлением»

Переменные	B	R <sup>2</sup>	p
Пропуски в тренировочной серии	-0,329	0,108	0,011

### **Заключение**

Цель исследования состояла в сравнении параметров простой и сложной сенсомоторных реакций и параметров рабочей памяти у детей 5-6 лет. Оба эти процесса зависят от формирования тормозных механизмов, а потому встал вопрос об общности или различии этих механизмов. Наши данные предполагают, что формирование рабочей памяти и сенсомоторная интеграция зависят от одних и тех же процессов созревания мозга. Можно предположить, что оба эти процесса предопределяются уровнем созревания префронтальных отделов коры головного мозга.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-06-00166 «Организация тормозного контроля в онтогенезе: значение для обучения и адаптации»).*

### **Список литературы**

1. Ayres J.A. Sensory integration and learning disorders. Los Angeles, CA: Western Psychological Services, 1972. 252 p.
2. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология. Физиология развития ребенка. М.: Академия, 2009. 243 с.
3. Bolger M.A., Wright J.P. The stability of self-control across childhood. Pers. Individ. Differences. 2014. Vol. 69. P. 144-149.
4. Buttelmann F., Karbach J. Development and plasticity of cognitive flexibility in early and middle childhood. Front Psychol. 2017. Vol. 20 (8). P. 1040.

5. Николаева Е.И., Вергунов Е.Г. Что такое "executive functions" и их развитие в онтогенезе // Теоретическая и экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 2. С. 62-81.
6. Depue В.Е. A neuroanatomical model of prefrontal inhibitory modulation of memory retrieval. *Neurosci Biobehav Rev.* 2012. Vol. 36. No. 5. P. 1382-1399.
7. Grégoire S., Rivalan M., Le Moine C., Dellu- Hagedorn F. The synergy of working memory and inhibitory control: Behavioral, pharmacological and neural functional evidences. *Neurobiology of Learning and Memory.* 2012. Vol. 97. P. 202-212.
8. Разумникова О.М., Николаева Е.И. Возрастные особенности тормозного контроля и проактивная интерференция при запоминании зрительной информации // Вопросы психологии. 2019. № 2. С. 124-132.
9. Вергунов Е.Г., Николаева Е.И. Опыт применения методов визуализации в качественном анализе результатов тайм-теста // Мир науки, культуры, образования. 2009. № 7-2 (19). С. 128-131.
10. Разумникова О.М., Савиных М.А. Программный комплекс для определения характеристик зрительно-пространственной памяти. А.С. 2016617675. 2016.
11. Bunge S.A., Dudukovic N.M., Thomason M.E., Vaidya C.J., Gabrieli J.D. Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: evidence from fMRI. *Neuron.* 2002. Vol. 33. P. 301-311.