

Особенности организации эксперимента в когнитивных исследованиях математических способностей детей

Букина Т.В.¹, Храмова М.В.²

¹bukinatatyana@gmail.com, ²mhramova@gmail.com

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

В статье представлены научные работы, посвященные изучению математических способностей детей с помощью неинвазивных технологий визуализации мозга. Рассмотрены особенности организации подобных исследований, а также примеры используемых заданий.

Ключевые слова: дети, образование, математические способности, математика, вычислительные навыки, нейронаука, ЭЭГ, фМРТ

В настоящий момент учителя и родители сталкиваются с проблемой недостаточных математических знаний у детей – отсюда и проблемы в обучении, и неудовлетворительные результаты выпускных экзаменов. Обращение к нейронаукам в образовании может, в теории, позволить найти причины этих проблем и пути их решения.

В ходе исследований в области образования, ученые часто прибегают к применению неинвазивных технологий регистрации мозговой активности (ЭЭГ, фМРТ, МЭГ и др.) для изучения и сбора нейробиологических показателей. В рамках совместной работы с лабораторией Нейронаук и когнитивных технологий, ранее мы уже рассматривали научные работы, посвященные использованию ЭЭГ в педагогических исследованиях [1]. В этот раз нас заинтересовали возможности применения достижений нейронаук при изучении процесса решения простейших математических задач, в частности – особенности организации подобных исследований. Обзор основных научных работ представлен в статье [2].

1. Нейронаука в обучении математике

В предыдущей работе мы отмечали, что условно исследования в области учебных умений делятся на 4 группы: работа с письменным, вербализованным и креолизованным текстом, а также математические представления [3].

Немаловажно рассмотреть один из аспектов – развитие математических представлений, а именно формирование математических понятий у младших школьников.

Использование нейробиологических методов исследования позволяет гораздо точнее определить взаимосвязи различных структур в изучаемых процессах. Ввиду того, что нейронаука не является нашим профильным направлением, мы не будем слишком подробно останавливаться на нюансах считывания различных показателей, но подробнее рассмотрим критерии отбора испытуемых, ход процедур тестирования и экспериментальные задания. Эта информация может стать полезной в процессе разработки и апробации системы на основе интерфейса мозг-компьютер с нейронной обратной связью для обучения математическим навыкам.

1.1 Количество испытуемых

Отбор участников экспериментов является крайне трудоемким и важным

процессом. Для получения достоверных результатов необходимо подобрать надежные проверочные тесты, найти достаточное количество людей, получить разрешения на проведение экспериментов (что особенно важно с такой уязвимой категорией как дети), и правильно их организовать.

В рассмотренных исследованиях приняли участие от 10 до приблизительно 360 испытуемых [4-12].

1.2 2 Критерии отбора испытуемых

Для отбора были определены некоторые критерии, которые могли варьироваться в зависимости от цели исследования:

<i>Критерии включения в группу испытуемых</i>	<i>Критерии исключения из группы испытуемых</i>
+ Результаты тестов интеллекта.	– Леворукость.
+ Уровень успеваемости.	– Медицинские, неврологические и психиатрические заболевания.
+ Результаты арифметических тестов.	– Травмы головного мозга.
+ Тесты общего профиля, которые изучают исполнительные функции (рабочая память и пространственное мышление).	– Низкий социально-экономический статус.
+ Нормальное или скорректированное до нормального зрение.	– Незавершенный сеанс МРТ.
+ Согласия родителей детей на участие в исследовании.	– Аномалии в сканировании.
	– Отказ завершения эксперимента.
	– Ошибка экспериментатора.
	– Недостаточное понимание языка.
	– Возраст.
	– Атипичное развитие.

1.3 Возраст

В исследованиях участвовали люди в возрасте от дошкольного (3-6 лет) и до пожилого (77 лет). При этом группы поделались по возрастам в соответствии с приблизительной возрастной периодизацией.

1.4 Регистрирование данных

В качестве методов визуализации выступали ЭЭГ, МРТ и фМРТ. При работе с ЭЭГ охватывались лобная, теменная, височная и затылочная области, а также область вокруг глаз и на мочках ушей.

1.5 Процедура экспериментов

Крайне часто в процессе процедуры дети выполняли задания на электронных устройствах, к работе с которыми существуют определенные требования [13], в том числе: ограничена общая продолжительность использования электронных средств, регламентирована минимальная диагональ монитора и дистанция от него, а также угол расположения на столе. Данные санитарные нормы предусмотрены для работы в образовательных учреждениях, однако от проводящихся экспериментов с участием детей также требуется безопасность и обеспечение гарантий сохранности их здоровья. Почти во всех рассмотренных исследованиях процедура занимала суммарно не более 1 часа в каждом, с предусмотренными перерывами. Подробное описание организации рабочего места было предоставлено только частью авторов.

1.6 Экспериментальные задания

Задания по проверке операций сложения, а также сопоставления чисел и форм использовались для сравнения навыков обработки чисел и арифметики у детей с дискалькулией и детей с хорошей успеваемостью (рис. 1) [5].

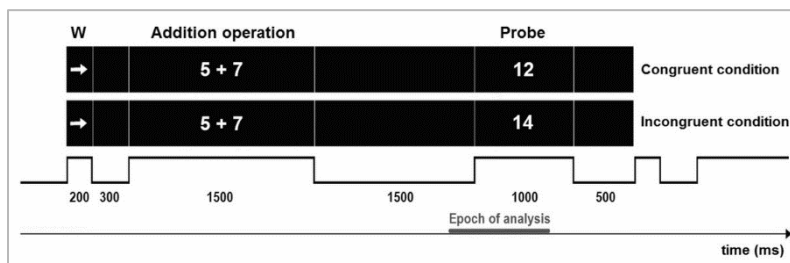


Рис. 1

Серия психолого-педагогических тестов использовалась в рамках изучения успеваемости людей с ограниченными возможностями в математике и чтении [6]:

- 1) Тесты для выявления нарушений в области математики и чтения
- 2) Тестирование фонологической обработки

- a) Тест на слуховой анализ по Рознеру
- b) Задача удаления псевдослучайных фонем

Прослушать 30 псевдослов, а затем повторить, «удалив» определенную фонему.

- c) Тесты на овладение чтением Вудкока пересмотренный (WRMT-R)

- 3) Проверка количественных рассуждений

- a) KeyMath, субтест интерпретации данных
Решить письменную математическую задачу.

- 4) Тестирование интеллекта

- a) Субтест словарного запаса WAIS-R/WISC-III
Измеряет извлечение семантической памяти человека.

b) Субтест проектирования блоков WAIS-R/WISC-III
Воссоздать модель или изображение, используя до девяти красных и белых блоков за ограниченное время. Тест включен в качестве меры визуализации пространственных рассуждений.

- c) Субтест диапазона цифр WAIS-R/WISC-III

Субтест Digit Span проверяет вербальную рабочую память.

Чтобы проверить, понимают ли дети, изучившие количественный принцип, что логика подсчета не изменяется независимо от используемого счетного множества, использовалась задача скрытой мощности. В этом случае цифры заменялись на некоторый ограниченный набор предметов (рис. 2) [9].

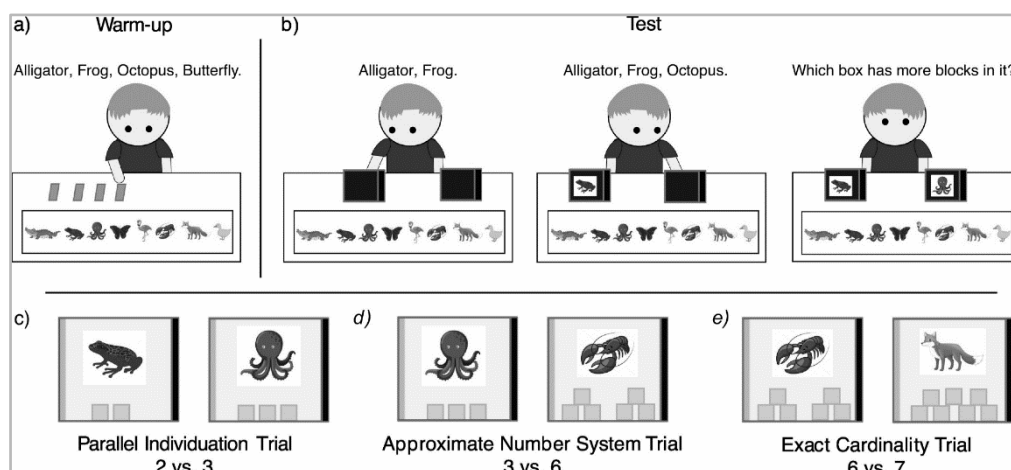


Рис. 2

Задачи сравнения двух групп точек были использованы для оценки уровня развития приближенной системы счисления детей (рис. 3) [10].

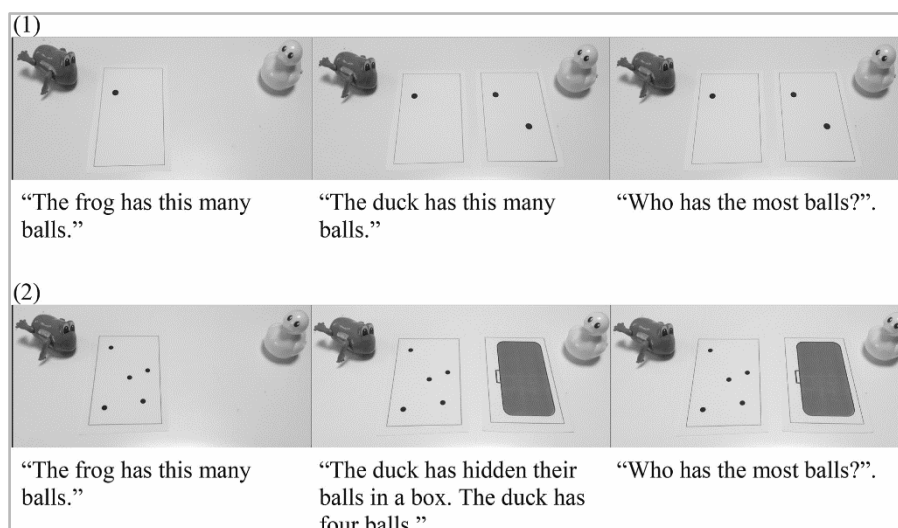


Рис. 3

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-14101.

Список литературы

- [1] T.V. Bukina, M.V. Khramova and S.A. Kurkin, “Modern Research on Primary School Children Brain Functioning in the Learning Process: Review,” *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*, vol. 29, no. 3, pp. 449–456, 2021.
- [2] T.V. Bukina, M.V. Khramova, “Researches on children's mathematical abilities using non-invasive brain-recording technologies,” 2021 5th Scientific School Dynamics of Complex Networks and their Applications (DCNA).
- [3] Букина, Т.В. Разработка заданий по информатике на основе технологии визуализации / Т.В. Букина, М.В. Храмова // *Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе : материалы международной научно-практической интернет-конференции*, Москва, 19–25 апреля 2021 года. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2021. – С. 636–641.
- [4] Zhang, L., Gan, J. Q., Zhu, Y., Wang, J., & Wang, H. (2020). EEG source-space synchrony transitions and Markov modeling in the math-gifted brain during a long-chain reasoning task. *Human brain mapping*, 41(13), 3620–3636.

- [5] *Cárdenas SY, Silva-Pereyra J, Prieto-Corona B, Castro-Chavira SA, Fernández T.* 2021. Arithmetic processing in children with dyscalculia: an event-related potential study. *PeerJ* 9:e10489.
- [6] *Grant, J.G., Siegel, L.S., D'Angiulli, A.* From Schools to Scans: A Neuroeducational Approach to Comorbid Math and Reading Disabilities (2020) *Frontiers in Public Health*, 8, art. no. 469.
- [7] *Anna A. Matejko, Daniel Ansari,* The neural association between arithmetic and basic numerical processing depends on arithmetic problem size and not chronological age, *Developmental Cognitive Neuroscience*, Volume 37, 2019, 100653.
- [8] *Libertus, M.E., Feigenson, L., & Halberda, J.* (2011). Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability. *Developmental science*, 14(6), 1292–1300.
- [9] *Colin Jacobs, Madison Flowers, Julian Jara-Ettinger,* Children's understanding of the abstract logic of counting, *Cognition*, Volume 214, 2021, 104790.
- [10] *Abbie Cahoon, Camilla Gilmore, Victoria Simms,* Developmental pathways of early numerical skills during the preschool to school transition, *Learning and Instruction*, Volume 75, 2021, 101484.
- [11] *Linnea Karlsson Wirebring, Johan Lithner, Bert Jonsson, Yvonne Liljekvist, Mathias Norqvist, Lars Nyberg,* Learning mathematics without a suggested solution method: Durable effects on performance and brain activity, *Trends in Neuroscience and Education*, Volume 4, Issues 1–2, 2015, Pages 6-14.
- [12] *S.A. Kurkin, V.V. Grubov, V.A. Maksimenko, E.N. Pitsik, M.V. Khramova, A.E. Hramov,* “System for monitoring and adjusting the learning process of primary schoolchildren based on the EEG data analysis,” *Information and Control Systems*, vol. 5, pp. 50–61, 2020.
- [13] Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 сентября 2020 г. N 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»»