

Секция «Психофизиология, когнитивные нейронауки и искусственный интеллект»

Изучение когнитивных процессов, лежащих в основе решения примеров с дробями в зависимости от успешности

Научный руководитель – Айдаркин Евгений Константинович

Гануша Кристина Юрьевна

Аспирант

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Дмитрия Иосифовича Ивановского, Кафедра физиологии человека и животных, Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: ganusha.kristina@yandex.ru

Решение примеров с обыкновенными дробями требует билатеральной активации нижнетеменных, затылочно-височных и левой предсильвиевой областей, и предполагает общность нейронного представительства целых и дробных чисел. Специфика дробей связана с применением определенного алгоритма решения, при отклонении от которого возникают ошибки. Также дроби являются переходным этапом от простых арифметических действий к более сложным алгебраическим вычислениям. Применение различных методик для анализа механизмов решения арифметических задач дает противоречивые результаты, что еще раз подчеркивает актуальность исследования данной проблемы и возможность разработки и применения новых методик. В настоящее время в литературе отсутствуют данные о поведенческих и электрофизиологических параметрах процесса решения примеров с дробями.

Цель работы - изучить нейрофизиологические механизмы решения примеров на сложение и деление обыкновенных дробей в зависимости от успешности решения. Обследовано 30 человек. Использовались блоки примеров на сложение и деление дробей. Участники нажимали на кнопку при выполнении отдельных этапов решения. ЭЭГ регистрировалась с использованием энцефалографа-анализатора «Энцефалан-131-03» по схеме 10-20 в 21 отведении. Рассчитывалось время и качество решения, число и длительность этапов, и показатели диапазонов ЭЭГ.

В зависимости от индивидуального качества решения участники были распределены на две группы - «Успешно решавшие» (процент качества решения выше 65%) и «Не успешно решавшие» (процент качества решения ниже 65%). Независимо от задачи время решения для групп успешных и не успешных участников достоверно не различается (30,7±2,8 с и 34,9±3,3 с для сложения и 26,5±2,3 с и 27,3±2,7 с для деления). Качество решения достоверно выше в группе «Успешно решавшие» (81,8±2,2% и 39,6±2% для сложения и 73,3±2,9% и 45,3±2,4% для деления).

При анализе зависимости времени решения от количества операций при сложении показано, что успешное решение характеризуется преимущественно куполообразной динамикой. Неправильное решение сопровождается выделением двух операций, что может быть обусловлено остановкой на определенном этапе решения, что может объясняться либо отсутствием плана для дальнейшего решения примера, либо трудностями с его реализацией. При делении в группе «Успешно решавшие» происходит переход к линейной динамике. Также появляется неправильное решение в различное количество операций, что может быть связано с относительной простотой задачи. Для группы «Не успешно решавшие» характерна преимущественно линейная динамика независимо от задачи и правильности решения.

При анализе значений спектральной мощности основных диапазонов ЭЭГ не было выявлено различий между задачами: формировались диффузные центрально-теменно-затылочные фокусы дельта-диапазона, лобно-центральные фокусы тета-диапазона, а также

затылочные фокусы альфа- и бета-диапазона. Это позволяет предположить, что в основе решения примеров с обыкновенными дробями лежат единые механизмы. Общим является активация лобно-теменной сети ментальной арифметики и рабочей памяти, а также сопряженные взаимодействия сетей спокойного и активного бодрствования, выступающие как показатель уровня активации систем памяти.

Для группы «Успешно решавшие» характерна концентрация активности и поддержание единого уровня тета-диапазона, что наряду с десинхронизацией альфа-диапазона свидетельствует об активации системы долговременной памяти, а также меньшей нагрузке на рабочую память. Можно предположить, что успешное решение связано с большей активацией системы долговременной памяти и кортико-гиппокампальной системы.

Для группы «Не успешно решавшие» характерно увеличение тета-диапазона, его смещение во фронтальные области, а также перераспределение активации, что наряду с меньшей десинхронизацией альфа-диапазона свидетельствует о большей вовлеченности системы рабочей памяти и активацией лобно-теменной сети. Синхронизация в тета-частотах связана с вовлечением рабочей памяти, а сохранение фокуса альфа-диапазона - с реактивацией долговременной памяти и тормозным контролем со стороны фронтальных структур для фокусирования внимания на задаче.

Следовательно, успешность решения примеров с обыкновенными дробями обусловлена различными психофизиологическими механизмами. Для успешного решения определяющим выступало количество операций, а для не успешного - длительность операций. В основе успешного решения лежит доминирование долговременной памяти, связанное с мощной активацией кортико-гиппокампальной системы и вовлечением фронто-таламической. В основе не успешного решения лежит смещение в сторону доминирования систем рабочей памяти, связанной с преимущественной активацией лобно-теменной сети, тормозным контролем со стороны фронто-таламических систем и меньшей вовлеченностью кортико-гиппокампальных систем.

Таким образом, было показано, что для обеих задач наблюдается сходная динамика активации, обусловленная схожей структурой алгоритма решения примера в 4 этапа. Общим является вовлечение лобно-теменной сети ментальной арифметики параллельно с активацией рабочей памяти, а также обратные взаимодействия сетей спокойного и активного бодрствования. Успешное решение характеризуется большим вовлечением долговременной памяти и большей активностью кортико-гиппокампальной системы. Не успешное решение связано в большей степени с доминированием нагрузки на рабочую память, большим влиянием фронто-таламической системы и лобно-теменной сети.