

Анализ мозговых сетей в психофизиологии математических способностей

Научный руководитель – Кисельников Андрей Александрович

Сергеев Аркадий Аркадьевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
психологии, Москва, Россия

E-mail: alamar-zelen@yandex.ru

Развитие методов анализа данных, возросшие вычислительные способности компьютеров, а также непрекращающийся интерес к дифференциальной психофизиологии привели к появлению множества работ, посвященных анализу мозговых сетей в контексте изучения способностей. Ниже будет приведен краткий обзор результатов современных психофизиологических исследований математических способностей.

Тренд современной дифференциальной психофизиологии математических способностей - исследование функциональных связей в лобно-теменной сети мозга. В практически одноименной работе Emerson & Cantlon (2011) было показано (здесь и далее - на материале анализа фМРТ-данных, если не указано иное), что лобно-теменная мозговая сеть участвует не только в решении специфических математических операций (например, сопоставления чисел), но в ситуации работы с «реальными» заданиями тестов как ТЕМА-3 (англоязычная методика). Кроме того, функциональные связи в лобно-теменной сети у детей меньше, чем у взрослых, что может служить индикатором математического развития. В исследовании Prescott с соавторами (2010) описывались особенности мозговых связей (brain connectivity) математически одаренных подростков по сравнению с контрольной группой. Было показано, что одаренные дети имеют увеличенные связи 1) между полушариями в лобной и теменной коре и 2) между дорсолатеральной префронтальной и моторной корой.

В работе Jeon с соавторами (2016) были получены похожие результаты, а именно что в группе математических экспертов наблюдаются 1) более слабая и ограниченная активация специфических (левая нижняя лобная извилина, правые и левые нижние теменные дольки) областей мозга по сравнению с группой неэкспертов (здесь зафиксирована более широкая активация) и 2) положительные корреляции уровня математической компетентности с активностью лобно-теменной сети и отрицательные - с активностью лобно-стриатальной сети.

Gomez-Velazquez с коллегами (2017) использовали анализ ЭЭГ-данных детей в задаче сравнения двух чисел. Из 20-ти анализируемых отведений в качестве областей интереса были выделены фронтоцентральная и центропарietальные области. Значимые различия между группами детей с низкими и высокими достижениями в математике были обнаружены лишь для фронтоцентральной области. При этом группа с низкими математическими достижениями показала более высокий уровень (количество моментов времени, когда данная область имела значимую электрическую активность (significant electrical activity)) мозговой активности, что не противоречит вышеперечисленным данным: как и в работе Jeon с соавторами (2016), где группе неэкспертов характерна более широкая и сильная активация.

Liu с коллегами (2017) провели оригинальное исследование, в котором описали вклад каждой из специфических областей мозга в процесс решения математических задач (bilateral horizontal intraparietal sulcus, right supramarginal gyrus, left middle temporal lobe, left orbital part of inferior frontal gyrus), а также силу связей между ними. В решении математических

задач авторами выделялись три процесса (arithmetic principles, computation, and general language processing), которые и сравнивались между собой. Были получены статистически значимые различия в активности указанных областей, а также в специфике мозговых связей между ними.

Результаты вышеперечисленных исследований можно суммировать по нескольким пунктам: 1) процесс решения математических задач связан с активностью лобной и теменной коры головного мозга; 2) высокий уровень математических способностей связан с большим количеством связей в указанных областях мозга и 3) характеризуется меньшей активностью в них. Используя литературные данные, возможно предположить, что математическая деятельность связана с активным использованием таких психических процессов как внимание, рабочая память и исполнительные функции. Таким образом, при низком уровне математических способностей требуется больше ресурсов для решения соответствующих задач, что влечет за собой большую активность областей мозга. При этом успешные приемы их решения еще не сформированы, что связано с меньшим количеством связей.

Таким образом, видится актуальной концепция исследования с использованием методов регистрации активности головного мозга (ЭЭГ или фМРТ), в котором изучался бы процесс решения математических задач по сравнению, например, с лингвистическими заданиями или тестами на общий интеллект. Подобные исследования уже имеют место быть (Amalric, Dehaene, 2016) и помогут пролить свет на проблему развития в дифференциальной психофизиологии. Если же связь математических способностей с мозговой активностью уже отчасти изучена и описана, то вопрос их специфики (психологической и психофизиологической) в структуре когнитивных способностей человека остается пока нерешенным.

Источники и литература

- 1) Amalric M., Dehaene S. Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians // PNAS. 2016. Vol. 113 (18). P. 4909-4917.
- 2) Emerson R.W., Cantlon J.F. Early math achievement and functional connectivity in the fronto-parietal network // Developmental Cognitive Neuroscience. 2012. Vol. 2S. P. 139–151.
- 3) Gomez-Velazquez F.R., Velez-Perez H., Espinoza-Valdez A., Romo-Vazquez R., Salido-Ruiz R.A., Ruiz-Stovel V., Gallardo-Moreno G.B., Gonzalez-Garrido A.A., Berumen G. Electrophysiological dynamic brain connectivity during symbolic magnitude comparison in children with different mathematics achievement levels // NeuroReport. 2017. Vol. 28 (3). P.174–178.
- 4) Jeon H.-A., Friederici A.D. What Does “Being an Expert” Mean to the Brain? Functional Specificity and Connectivity in Expertise // Cerebral Cortex. 2016. P. 1–13.
- 5) Liu J., Zhang H., Chen C., Chen H., Cui J., Zhou X. The neural circuits for arithmetic principles // Neuroimage. 2017. Vol. 147. P. 432–446.
- 6) Prescott J., Gavrilescu M., Cunnington R., O’Boyle M.W., Egan G.F. Enhanced brain connectivity in math-gifted adolescents: An fMRI study using mental rotation // Cognitive Neuroscience. 2010. Vol. 1 (4). P. 277–288.