

Секция «Психофизиология, когнитивные нейронауки, информационные технологии и искусственный интеллект (на русском и английском языках)»

Математические способности и связанность мозговой активности

Научный руководитель – Захаров Илья Михайлович

Табуева Анна Олеговна

Сотрудник

Психологический институт Российской Академии образования, Москва, Россия

E-mail: anntabueva@gmail.com

Соавторы: Адамович, Исматуллина, Захаров

Психологический Институт Российской Академии Образования,

лаборатория возрастной психогенетики, Москва, Россия

Сложное интеллектуальное поведение строится на основе системного объединения множества когнитивных процессов, в частности, последние исследования свидетельствуют в пользу того, что мозг представляет собой оптимально организованную сложную сеть, связанную функциональными отношениями. В математике центральным понятием, описывающим связь между компонентами сети является понятие “связанности”, описывающее степень связи между компонентами (узлами) графа: характеристики связанности мозговых структур отражают глобальную архитектуру передачи информации в мозге. Анализ сетевой связанности структур мозга базируется на трех основных видах связанности - структурной (или анатомической), функциональной (отражающей статистическую связь между источниками активности мозга) и эффективной (описывающей причинно-следственные взаимодействия активности) [4]. Исследования гемодинамической активации и структурной архитектуры нейрональных трактов головного мозга свидетельствуют, что индивидуальные различия в математических способностях могут иметь выраженную нейробиологическую основу [5]. В частности, особенности связанности гемодинамической реакции мозга могут лежать в основе математической одаренности [7]. Поскольку структурные анатомические сети и подсети мозга взаимодействуют внутри и между собой за счет волновой электрической активности мозга, отражающей синхронное ритмическое возбуждение нейрональных сетей на различных частотах [2], в данном исследовании мы анализируем связь показателей связанности электроэнцефалографической мозговой активности и индивидуальных различий в решении математических задач разной сложности.

Методы

Участники: 115 человек в возрасте от 17 до 25 лет ($mean=20.7$; $SD=3.16$), их них 53 женщины.

ЭЭГ. Запись электроэнцефалографических с поверхности скальпа по 64 электродам (по системе «10-10») Brain Products ActiChamp amplifier (Brainproducts, Munich, Germany) с частота дискретизации 500 Hz и последующим делением на эпохи по 2 секунды.

Показатели связанности мозговой активности. Для оценки связанности электроэнцефалографической активности использовались способы подсчета weighted Phase Lag Index [3] и Imaginary Coherence [6]. Характеристики связанности, используемые в данном исследовании: средняя длина пути, плотность графа, модулярность графа [1].

Оценка математических способностей.

“Верно или неверно?” (Problem Verification Task): направлен на измерение эффективности, с которой испытуемый может оценить достоверность арифметического решения) [8].

Числовые Последовательности: измеряет познавательную способность обрабатывать количественную информацию, разработан на основе теста «Числовая серия» [9].

Результаты

Оценка корреляционной связи между показателями математических способностей и характеристиками графа функциональной связанности ЭЭГ-активности мозга производилась на основе коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Анализ проводился в частотных диапазонах альфа, тета, бета1 и бета2 ритмов. Значимые результаты были получены только в бета-диапазоне.

Результаты проведенного анализа позволяют сделать вывод, что индивидуальные различия в решении задач разной сложности связаны со связанностью мозговой активности в диапазоне бета1 и бета2 ритмов. Успешность решения простых математических задач связана с характеристиками плотности графа мозговой связанности, тогда как решения более сложных задач - со средней длиной пути внутри графа. Модулярность графа связана с решением как сложных, так и простых задач.

Источники и литература

- 1) Avena-Koenigsberger, A., Masic, B., & Sporns, O. (2018). Communication dynamics in complex brain networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(1), 17–33.
- 2) Bassett, D. S., & Bullmore, E. T. (2017). Small-World Brain Networks Revisited. *The Neuroscientist*, 23(5), 499–516.
- 3) Lachaux J.P. Measuring phase synchrony in brain signals / J. P. Lachaux, E. Rodriguez, J. Martinerie, F. J. Varela // *Hum Brain Mapp* – 1999. – Т. 8 – No 4– 194–208.
- 4) Langer, N., Pedroni, A., Gianotti, L. R. R., Hänggi, J., Knoch, D., & Jäncke, L. (2012). Functional brain network efficiency predicts intelligence. *Human Brain Mapping*, 33(6), 1393–1406.
- 5) Moeller, K., Willmes, K., & Klein, E. (2015). A review on functional and structural brain connectivity in numerical cognition. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 227.
- 6) Nolte, G., Bai, O., Wheaton, L., Mari, Z., Vorbach, S., & Hallett, M. (2004). Identifying true brain interaction from EEG data using the imaginary part of coherency. *Clinical neurophysiology*, 115(10), 2292-2307.
- 7) Prescott, J., Gavrilescu, M., Cunnington, R., O’Boyle, M. W., & Egan, G. F. (2010). Enhanced brain connectivity in math-gifted adolescents: An fMRI study using mental rotation. *Cognitive Neuroscience*, 1(4), 277-288.
- 8) Rinne, L. F., & Mazocco, M. M. M. (2014). Knowing Right From Wrong In Mental Arithmetic Judgments: Calibration Of Confidence Predicts The Development Of Accuracy. *PLOS ONE*, 9(7), e98663.
- 9) Smith, P., Fernandes, C., & Strand, S. (2001). *Cognitive abilities test 3 (CAT3)*. Windsor, England: nferNelson.