

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

## Роль задней поясной коры в функционировании зрительной рабочей памяти

Научный руководитель – Козловский Станислав Александрович

*Рогачёв Антон Олегович*

*Студент (специалист)*

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

*E-mail: a.o.rogachev@yandex.ru*

**Введение.** Мозговые механизмы процесса восприятия цвета и формы изучены чрезвычайно подробно: детально прослежены пути передачи информации о цветовых и фигуративных характеристиках объектов зрительного поля от фоторецепторов сетчатки до ассоциативных областей зрительной коры головного мозга [1, 2, 3]. Наряду с этим психофизиологические механизмы процесса извлечения данных характеристик из зрительной рабочей памяти изучены в недостаточной степени. Большинство исследователей делают акцент на изучении процесса запоминания и удержания в рабочей памяти информации о цвете и форме [4, 5], но оставляют без внимания мозговые механизмы извлечения из зрительной рабочей памяти этих характеристик. Кроме того, имеется методическая проблема в интерпретации результатов таких исследований: во многих работах используются легко вербализуемые стимулы (как правило, простые геометрические фигуры), окрашенные в цвета стандартной цветовой палитры. Возникает вопрос - являются ли полученные данные о мозговой активности связанными с обработкой информации в зрительной рабочей памяти, или они свидетельствуют о процессе вербального перекодирования? Одной из задач настоящего исследования является преодоление указанной методической проблемы.

**Методика.** В эксперименте приняли участие 17 человек - среди них 6 мужчин и 11 женщин (ср. возраст 19,5 лет; ст. откл = 1,97; все праворукие, без неврологических заболеваний и нарушений цветовосприятия, с нормальным или скорректированным зрением).

Эксперимент состоял из двух частей - контрольной и основной, которые, в свою очередь, были разделены на две и три серии соответственно. Стимульный материал представлял собой фигуры сложной формы в виде кляксы (всего использовалось 8 вариантов форм), окрашенные в трудновербализуемые цвета (всего 9 вариантов цветов). Стимульный материал разбит на две части - «одиночные стимулы» (изображение определенной формы и определенного цвета, расположенное посередине экрана; время предъявления - 400 мс) и «матрицы» (четыре изображения различных форм и цветов такие, что одно из них совпадает с предъявленным ранее; время предъявления - 900 мс). В сериях, где требовался выбор предъявленного ранее изображения, испытуемый пользовался клавиатурой.

В двух контрольных сериях испытуемому предъявлялись «одиночные стимулы» и «матрицы» с перерывом в 900 мс и ставилась задача - подсчитать количество изображений определенного цвета и после окончания цвета вслух назвать число.

В первой серии испытуемому давалась инструкция запоминать только форму изображений, не обращая внимания на цвет; при этом «одиночные стимулы» и «матрицы» в одну экспериментальную эпоху были окрашены в один цвет. Во второй серии требовалось запоминать только цвет изображений, не обращая внимания на их форму; при этом в одной экспериментальной эпохе использовались стимулы одной формы. В третьей серии испытуемому просили запоминать и узнавать и цвет, и форму изображений (рис. 1).

Регистрировалась ЭЭГ (19 отведений по международной системе «10-20»). Затем рассчитывались зрительные вызванные потенциалы (ВП) на предъявление «одиночных стимулов» и «матриц» в каждой из серий. Первые ВП мы связываем с процессом сохранения

информации в зрительную рабочую память, а вторые - с процессом извлечения характеристик зрительных объектов.

С помощью t-критерия Стьюдента определялись временные диапазоны, в которых различия между ВП в экспериментальных сериях были статистически значимы. На значимо различающихся латенциях (186-334 мс и 458-514 мс после предъявления стимула) с помощью программы Brainstorm [6] и алгоритма dSPM [7] вычислялись источники мозговой активности областей коры головного мозга в каждой из серий.

**Результаты.** На раннем этапе (0-200 мс после предъявления стимула) активация полей коры головного мозга во всех сериях практически не различалась - наблюдалась лишь активация в зрительной коре (cuneus и precuneus). На латенции 200-350 мс наблюдались сильные различия в активации областей коры в виде двух пиков повышения активности в районе 200 и 300 мс. Такая активность фиксировалась в обоих полушариях преимущественно в областях язычной, парагиппокампальной и задней поясной извилин, причем пик активации на латенции 300 мс в задней поясной извилины наблюдался лишь в серии, где испытуемый вспоминал форму. На позднем этапе (400-600 мс) обнаружена сильная активность в области задней поясной и парагиппокампальной извилин, а также перешейка поясной извилины (isthmuscingulate). При этом активность в серии на извлечение цвета из рабочей памяти в данных областях коры головного мозга выше, чем в серии на извлечение формы.

**Обсуждение результатов.** Мы предполагаем, что ранние пики активации (200 мс) связаны с процессами зрительного восприятия, так как в язычной извилине, в которой наблюдается высокий уровень активации, локализованы ассоциативные зрительные поля V2 и V4, в том числе связанные с восприятием цветов [8]. Активность этой же области коры на поздних этапах свидетельствует в пользу участия язычной извилины в процессе извлечения информации из зрительной рабочей памяти [9].

Помимо этого, в основных сериях наблюдается высокий уровень активации энторинальной коры, функционирование которой в совокупности с парагиппокампальной и поясной извилинами (в свою очередь, имеющими реципрокные контакты с гиппокампом и анатомические связи с ассоциативной зрительной корой) подтверждает гипотезу о том, что все перечисленные структуры принимают участие в процессах, связанных с рабочей памятью, а также с переводом информации из кратковременной памяти в долговременную [10].

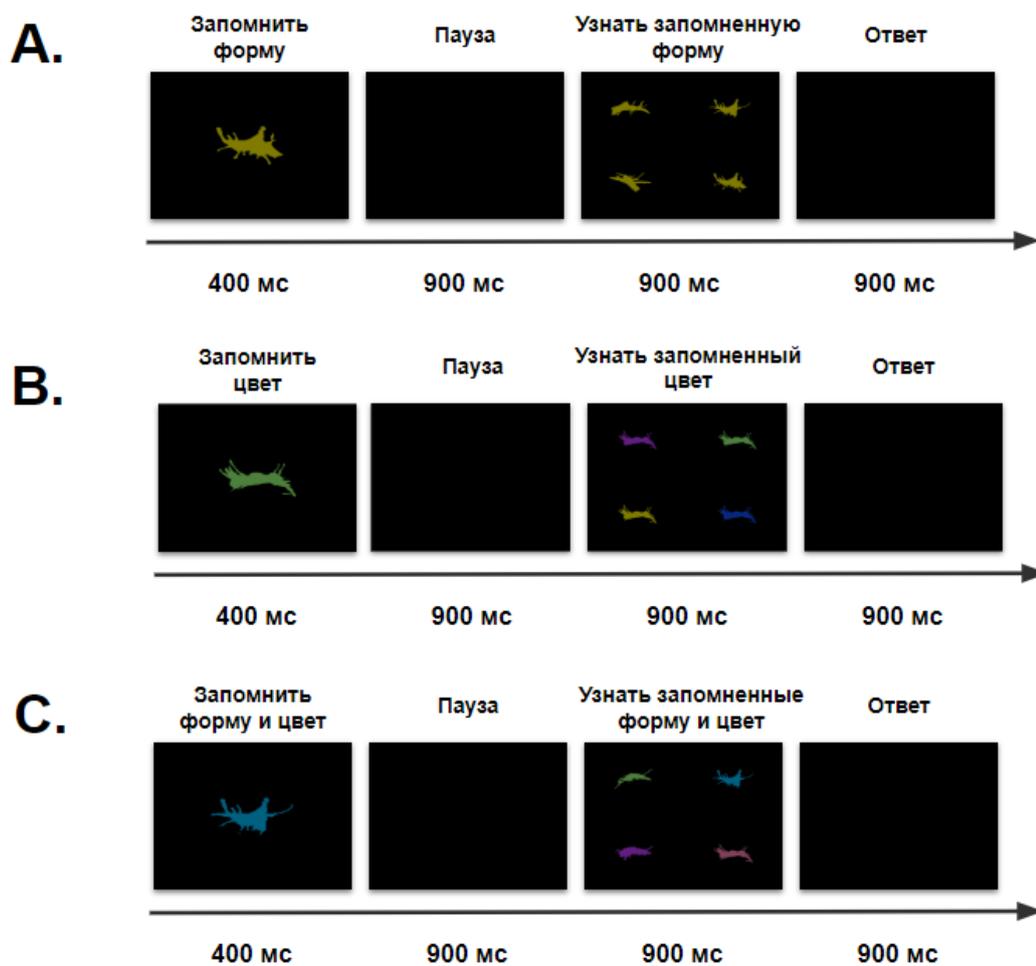
Наибольший интерес представляют результаты, связанные с активацией поясной коры. Существует гипотеза о том, что задняя поясная кора осуществляет процесс выделения «сигнала» из «шума» [9], и данная гипотеза сопоставляется с полученными данными. Действительно, анализируя активность задней поясной коры, можно предположить, что в процессе зрительного восприятия происходит выделение значимых характеристик стимула в зависимости от задачи. Кроме того, данная область коры может принимать участие в отсеивании нерелевантной информации, что подтверждается, например, ее высокой активностью в серии на узнавание формы в совокупности с высокой сложностью изображений.

Мы полагаем, что задняя поясная кора играет большую роль в функционировании зрительной рабочей памяти, особенно при извлечении характеристик объекта - полученные данные свидетельствуют в пользу роли поясной извилины как детектора релевантной информации. Кроме того, показано, что поясная, энторинальная и парагиппокампальная извилины, а также ассоциативная зрительная кора имеют анатомические и функциональные связи [10], что позволяет говорить о необходимости данного комплекса мозговых структур для функционирования зрительной рабочей памяти.

## Источники и литература

- 1) Seymour K. et al. 2010. Coding and binding of color and form in visual cortex. *Cereb Cortex* 20(8): 1946-1954.
- 2) Rentzeperis I. et al. 2014. Distributed processing of color and form in the visual cortex. *Front Psychol* 5: 932.
- 3) Seymour K.J. et al. 2016. The Representation of Color across the Human Visual Cortex: Distinguishing Chromatic Signals Contributing to Object Form Versus Surface Color. *Cereb Cortex* 26(5): 1997-2005.
- 4) Kawasaki M., et al. 2008. Human posterior parietal cortex maintains color, shape and motion in visual short-term memory. *Brain Res* 1213: 91-97.
- 5) Parra M.A. et al. 2014. Neural correlates of shape-color binding in visual working memory. *Neuropsychologia* 52: 27-36.
- 6) Tadel F. et al. 2011. Brainstorm: A User-Friendly Application for MEG/EEG Analysis. *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2011, ID 879716.
- 7) Dale A.M. et al. 2000. Dynamic statistical parametric mapping: combining fMRI and MEG for high-resolution imaging of cortical activity. *Neuron*, Apr, 26(1):55-67.
- 8) Zeki, S., Watson, J. D., Lueck, C. J., Friston, K. J., Kennard, C., & Frackowiak, R. S. (1991). A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex. *Journal of neuroscience*, 11(3), 641-649.
- 9) Козловский С.А., Величковский Б.Б., Варганов А.В. и др. Роль областей цингулярной коры в функционировании памяти человека // *Экспериментальная психология*. — 2012. — Т. 5, № 1. — С. 12–22.
- 10) Squire, L. R., & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science*, 253(5026), 1380-1386.

### **Иллюстрации**



**Рис. 1.** Схема, иллюстрирующая экспериментальные серии на запоминание и узнавание формы (А), цвета (В) и формы и цвета одновременно (С)