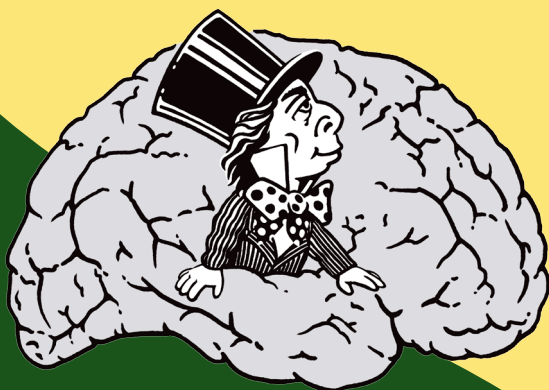


# КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2023

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман

УДК 159.9  
ББК 88.25  
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 21 – 22 июня 2023 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. – М.: ООО «Буки Веди», Московский институт психоанализа. 2023 г. – 604 стр.

© Авторы статей, 2023

ISBN 978-5-4465-3880-5

УДК 159.9  
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-3880-5

© Авторы статей, 2023

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ ЗОН ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАЧ НА ВООБРАЖЕНИЕ ОТ ПЕРВОГО И ОТ ТРЕТЬЕГО ЛИЦА**

Е. В. Печенкова\* (1), М. Е. Рачинская (1), В. С. Василенко (1), Е. А. Мершина (2)  
[evp@virtualcoglab.org](mailto:evp@virtualcoglab.org)  
1 – НИУ ВШЭ, Москва; 2 – МНОЦ МГУ, Москва

**Аннотация.** Способность представлять объекты с различных точек зрения и самого себя со стороны является одной из ключевых для развития человеческого мышления. В последнее время практика представления самого себя со стороны («от третьего лица») стала более привычной за счет распространения в массовой культуре компьютерных игр. В то же время крайне мало известно о том, с помощью каких мозговых механизмов она реализуется. Имеющиеся нейрофизиологические исследования во многом основаны на косвенных данных. В связи с этим мы провели эксперимент с помощью метода фМРТ, в котором одних и тех же участников ( $N = 16$ ) просили выполнить стандартные задачи Coma Science Group на представление игры в теннис и перемещения по собственному дому двумя способами – от первого и от третьего лица (в последнем случае – представляя себя со стороны). Для каждого воксела по всему объему мозга был подсчитан коэффициент функциональной связности ICC (intrinsic connectivity contrast), отражающий связи воксела со всеми остальными зонами мозга. На основе этого показателя были обнаружены различия функциональных связей областей в лобных и затылочных отделах коры в зависимости от точки зрения субъекта в процессе воображения.

**Ключевые слова:** воображение, функциональные связи, фМРТ, задача, представление от первого лица, представление от третьего лица

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-28-01561, <https://rscf.ru/project/23-28-01561> «Разработка методов исследования мозговых механизмов объектного зрительного воображения».

### **Введение**

Способность представлять объекты с различных точек зрения и самого себя со стороны является одной из ключевых для развития человеческого мышления. В последнее время практика представления самого себя со стороны («от третьего лица») стала более привычной за счет распространения в массовой культуре компьютерных игр. В то же время крайне мало известно о том, с помощью каких мозговых механизмов она реализуется. Имеющиеся нейрофизиологические данные в основном являются косвенными.

Распространенной, но напрямую не проверенной является гипотеза, что воображение от первого лица должно в большей степени задействовать системы

мозга, связанные с управлением движением (быть более «воплощенным»: см., например, Lorey et al., 2009). Также рассматривается как релевантное различие эгоцентрической и аллоцентрической систем координат, которое основано на отношениях между субъектом и объектом. В отличие от аллоцентрической системы, пространственные отношения между объектами в эгоцентрической системе координат зависят от положения наблюдающего субъекта. Предполагается, что мозговым субстратом оперирования представлениями в эгоцентрической системе координат служит дорзальный зрительный путь обработки информации, а в аллоцентрической – вентральный (Norman, 2002). Однако при представлении себя со стороны человек скорее меняет эгоцентрическую систему координат, перенося ее начало в место нахождения другого субъекта, чем переключается в аллоцентрическую систему (Vogeley, Fink, 2003).

Единственное известное нам прямое сопоставление выполнения одних и тех же задач на воображение от первого и от третьего лица было выполнено в ПЭТ-исследовании (Ruby, Decety, 2001). При выполнении задач на воображение от третьего лица была зарегистрирована более выраженная активация в медиальной префронтальной коре, предклинье, латеральной теменной коре. Интересно, что все эти зоны относятся к сети работы мозга по умолчанию (default-mode network, DMN). В раннем, неопубликованном фМРТ-исследовании (Vogeley, Fink, 2003) испытуемых просили считать объекты, видимые со своей точки зрения и с точки зрения аватара; «вынесение» точки зрения вовне сопровождалось активацией в правой латеральной теменной коре, а подсчет со своей точки зрения – в медиальной теменной и префронтальной коре. В то же время Томасино и др. (Tomasi et al., 2007) не нашли различий в активации мозга, когда просили испытуемых воображать ситуации, описанные во фразах, сформулированных от первого и от третьего лица. Наконец, фМРТ-исследование единичного случая с пациенткой, которая могла произвольно переживать внетелесный опыт, показало, что по сравнению с представлением себя со стороны это состояние сопровождалось увеличением активации в язычной извилине (зрительная кора) и уменьшением в орбитофронтальной коре (Smith, Messier, 2014).

Таким образом, имеющиеся данные нейровизуализационных исследований указывают на широкий спектр потенциальных мозговых механизмов вынесения точки зрения «вовне» в процессе воображения. В то же время ни в одном из имеющихся исследований не анализировались функциональные связи (ФС) в мозге. Чтобы получить более прямые данные о различии мозговых механизмов представления себя от первого лица и со стороны, мы провели эксперимент, в котором одних и тех же участников попросили во время регистрации фМРТ выполнить задачи на зрительное и двигательное воображение двумя способами – от первого и от третьего лица. В двух условиях представления мы сопоставили активацию и ФС на основе BOLD-сигнала по всему головному мозгу. В качестве задач мы выбрали представление игры в теннис и перемещения по собственному дому – эти два задания были разработаны в Coma Science Group для фМРТ и широко используются как стандартные задачи на воображение на здоровых добровольцах и в клинических популяциях.

## Методика

В исследовании приняли участие 19 добровольцев из академического сообщества г. Москвы, сообщивших об отсутствии неврологических и психиатрических заболеваний, не имеющих противопоказаний к МРТ и праворуких, согласно Эдинбургскому опроснику. Данные трех человек были исключены по техническим причинам (неисправность оборудования, неверно понятая инструкция); итоговая выборка составила 16 человек ( $22 \pm 4$  года, 11 женщин).

Все участники исследования прошли по четыре подхода фМРТ, связанной с задачей (Siemens Avanto 1.5T, 24 среза, параллельных линии АС-РС, сторона изотропического воксела 4 мм, TR/TE/FA = 2000мс/50мс/83°, 140 функциональных изображений, общая продолжительность сканирования – около пяти минут). Дополнительно были получены T1-взвешенные анатомические изображения со стороной воксела 1 мм и карты неоднородности магнитного поля с той же разметкой срезов, что и протоколы фМРТ.

Во время всех подходов фМРТ участники лежали с закрытыми глазами. В двух подходах они выполняли задачу на представление игры в теннис (или бадминтон, если не имели опыта игры в теннис), в двух других – на представление перемещения по дому или квартире, где они живут. В одном из подходов каждое задание выполнялось от первого лица, а в другом – от третьего (участников просили представлять себя со стороны). Исследование строилось по блочному плану, то есть периоды выполнения задания чередовались с периодами покоя, блоки продолжались по 16 секунд. Переключение между блоками с задачей и отдыхом осуществлялось по командам, которые испытуемые слышали через MP-совместимые наушники.

Предварительная обработка данных фМРТ проводилась в пакете SPM12 (поправка на неодновременность регистрации срезов, применение карт неоднородности магнитного поля, коррекция движения, пространственная нормализация, сглаживание). На основе общей линейной модели и  $t$ -контрастов для каждого испытуемого были рассчитаны карты активации для каждого из четырех условий по сравнению с фоном (представление игры в теннис и перемещения по дому от первого и от третьего лица). Групповые данные с повторными измерениями были рассчитаны с помощью надстройки SWE для SPM.

Для анализа ФС использовался пакет Conn20b. В нем была осуществлена дополнительная очистка данных от артефактов, связанных с движениями головы и сторонними физиологическими процессами (ART, aCompCor, фильтрация частот сигнала). Для периодов выполнения задачи на изображение по каждому вокселу в объеме головного мозга был рассчитан показатель ICC, представляющий собой среднее квадратическое корреляций BOLD-сигнала между этим вокселем и всеми остальными вокселями в объеме мозга. Значения ICC были нормализованы по всему объему мозга. С помощью общей линейной модели был проведен поиск участков, ФС которых различалась в зависимости от того, производилось представление от первого или от третьего лица (для обеих задач). В качестве ковариаты в модель было включено число артефактных

объемов. Зоны, в которых интегральный показатель ФС зависел от точки зрения испытуемого в процессе воображения, использовались для последующего уточняющего анализа (seed-based connectivity; SBC) в качестве зон интереса (seeds). Таким образом мы проверили, имеются ли дополнительные локализованные (недиффузные) области мозга, вносящие вклад в обнаруженные изменения ФС. Использовалась общая линейная модель, в которой в качестве мер ФС выступали корреляции BOLD-сигнала между каждой зоной интереса и каждым вокселем по всему остальному объему мозга. В качестве статистически значимых рассматривались результаты с порогом  $p_{\text{uncorr}} < .001$  на уровне вокселя и  $p_{\text{FDR}} < .05$  на уровне кластера (по параметрическим критериям на основе теории случайных полей).

## Результаты

Статистически значимых различий карт активации между условиями представления от первого и от третьего лица обнаружено не было. В то же время были обнаружены различия по ФС. Поиск на основе нормализованного показателя ICC выявил две зоны — в левом затылочном полюсе и в правой лобной покрышке, в которых ФС (мера центральности) оказалась значимо ниже при представлении от первого лица по сравнению с третьим. При использовании кластера в левом затылочном полюсе в качестве зоны интереса для дальнейшего поиска различий в ФС (seed-based connectivity analysis) также обнаружилось, что ФС между затылочными полюсами слабее при воображении от первого лица, чем от третьего. Поиск различий в ФС зоны в правой лобной покрышке не выявил локализованных областей головного мозга, вносящих вклад в изменение показателя ICC. Обнаруженные области, характеризующиеся зависимостью ФС от способа воображения, представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Характеристики кластеров, функциональная связность которых зависит от того, представляет ли себя субъект от первого или от третьего лица

Анатомическая локализация	Центр масс	Объем, мм <sup>3</sup>	$p_{\text{uncorr}}$	$p_{\text{FDR}}$	Метод анализа
Затылочный полюс (L)	-14 -100 +10	384	.0019	.021	ICC
Лобная покрышка (R)	+38 -20 +10	280	.0062	.034	ICC
Затылочный полюс (R)	+22 -92 +10	576	.0037	.044	SBC

Примечание.  $p_{\text{uncorr}}$  — значение для статистики размера кластера без поправки на множественные сравнения;  $p_{\text{FDR}}$  — скорректированное методом FDR; центр масс — приведены координаты x, y, z в пространстве MNI; анатомическая локализация приведена на основе Harvard-Oxford Cortical Atlas

## Обсуждение и выводы

Проведенное исследование показало, что представление себя со стороны сопровождается большей синхронизацией активности между правой и левой затылочной корой, а также повышением функциональной связности коры правой лобной покрышки с остальным мозгом. Эти результаты являются

предварительными, в первую очередь потому, что в силу отсутствия детальных данных предыдущих аналогичных исследований мы не имели возможности определить необходимый для достижения достаточной статистической мощности размер выборки. Возможные выводы также ограничены диапазоном частот колебаний сигнала, на которых возможно проанализировать ФС на основе данных фМРТ. Мы также не преодолели одно из важных ограничений предыдущих исследований, связанное с возможным различием в сложности выполнения заданий от первого и от третьего лица (фактор сложности мог объяснить превалирование в ранних результатах зон, относящихся к DMN – сети работы мозга по умолчанию).

В то же время примечательно, что изменение воображаемой точки зрения реализуется в мозге в первую очередь как изменение ФС, а не за счет изменения активации тех или иных зон. Также обращает на себя внимание, что первые обнаруженные нами корреляты представления себя от первого или третьего лица включают «низкоуровневые» зрительные зоны и полифункциональную «высокоуровневую» зону в лобной покрывке, но не включают ни мозговой субстрат оперирования в аллоцентрической/эгоцентрической системе координат (нижневисочные и теменные области), ни области, вовлечение которых можно было бы интерпретировать как большую или меньшую «воплощенность» когнитивных процессов, задействованных в выполнении задачи на воображение (первичная моторная и соматосенсорная кора, дополнительная моторная кора, премоторная кора). Мы предполагаем, что полученные результаты удастся уточнить в дальнейших исследованиях за счет расширения спектра используемых задач и выборки участников.

## Литература

- Lorey B., Bischoff M., Pilgramm S., Stark R., Munzert J., Zentgraf K.* The embodied nature of motor imagery: The influence of posture and perspective // *Experimental Brain Research*. 2009. Vol. 194. No. 2. P. 233 – 243. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1693-1>
- Norman J.* Two visual systems and two theories of perception: An attempt to reconcile the constructivist and ecological approaches // *Behavioral and Brain Sciences*. 2002. Vol. 25. No. 1. P. 73 – 96. <https://doi.org/10.1017/s0140525x0200002x>
- Ruby P., Decety J.* Effect of subjective perspective taking during simulation of action: A PET investigation of agency // *Nature Neuroscience*. 2001. Vol. 4. No. 5. P. 546 – 550. <https://doi.org/10.1038/87510>
- Smith A.M., Messier C.* Voluntary out-of-body experience: An fMRI study // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. Vol. 8. No. 8. P. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00070>
- Tomasino B., Werner C.J., Weiss P.H., Fink G.R.* Stimulus properties matter more than perspective: An fMRI study of mental imagery and silent reading of action phrases // *NeuroImage*. 2007. Vol. 36. P. T128 – T141. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.03.035>
- Vogele K., Fink G.R.* Neural correlates of the first-person-perspective // *Trends in Cognitive Sciences*. 2003. Vol. 7. No. 1. P. 38 – 42. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)00003-7](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(02)00003-7)

## BRAIN FUNCTIONAL CONNECTIVITY IN FIRST-PERSON AND THIRD-PERSON PERSPECTIVE IMAGERY

E. V. Pechenkova\* (1), M. E. Rachinskaya (1), V. S. Vasilenko (1), E. A. Mershina (2)  
[evp@virtualcoglab.org](mailto:evp@virtualcoglab.org)

1 – HSE University, Moscow; 2 – Moscow State University, Moscow

**Abstract.** The ability to imagine objects from different points of view and to imagine oneself from the outside is one of the keys to the development of human thinking. Recently, the practice of imagining oneself from the outside (a third-person perspective) has become more common due to the spread of computer games in popular culture. However, very little is known about the brain mechanisms by which this ability is implemented. The available functional imaging studies are largely based on indirect evidence. In this regard, we conducted an fMRI experiment in which the same participants ( $N=16$ ) were asked to perform standard Coma Science Group tasks of imagining playing tennis and moving around their own home in two ways: from the first- and third-person perspective. For each voxel throughout the entire volume of the brain, the intrinsic connectivity contrast coefficient (ICC) was calculated, which reflects the connections of one voxel with all other areas of the brain. Based on this indicator, differences in the functional connectivity of areas in the frontal and occipital regions of the cortex were found, depending on the observer's perspective in the imagery task.

**Keywords:** imagery, functional connectivity, task-based fMRI, first-person, third-person, perspective

Research supported by Russian Science Foundation Grant #23-28-01561, <https://rscf.ru/project/23-28-01561>, "Development of research methodology to study neural underpinnings of the object visual imagery".