

И все-таки слева: эффект транскраниальной магнитной стимуляции левой нижней лобной извилины при назывании действий

Татьяна А. Больгина¹, Видья С. Сомашекараппа¹, Стефано Ф. Каппа², Зоя А. Черкасова¹, Матео Феурра¹, Светлана А. Малюткина¹, Анна В. Сапунцова³, Юрий Ю. Штыров^{1,4}, Ольга В. Драгой^{1,5}

¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия, tatyana.bolgina@gmail.com, ²Университет Павии, Павия, Италия, ³Московский Государственный университет, Москва, Россия, ⁴Орхусский университет, Орхус, Дания, ⁵Институт Языкознания РАН, Москва, Россия

Исследования, направленные на изучение организации речи в мозге методом функциональной магнито-резонансной томографии (фМРТ), показывают, что у большинства здоровых людей выполнение языковой задачи вовлекает не только левое, но и правое полушарие [Bradshaw 2017, pp. 2; Packheiser 2020, pp. 1]. Остается неясным, критично ли правое полушарие для осуществления речевой функции, или фМРТ активация в его областях второстепенна и отражает работу других функций. Надежное определение критически важных для речи отделов головного мозга необходимо для проведения эффективных нейрохирургических операций. Однако метод фМРТ не позволяет каузально установить, является ли активация в правом полушарии мозга ключевой для речевой функции. Такую возможность предоставляет метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) и позволяет более надежно оценить, как речь организована в мозге [Lehtinen 2018, pp. 8].

Предыдущие ТМС исследования вовлечения правого полушария в речевую функцию показали противоречивые результаты. С одной стороны, было показано, что правое полушарие критически вовлечено в называние объектов у здоровых правшей [Sollmann 2014, pp. 776] и левшей [Tussis 2016, pp. 65]. Эти результаты согласуются с данными фМРТ речевых парадигм [Szaflarski 2001, pp. 238]. С другой стороны, в исследовании с последовательным применением двух методов фМРТ и ТМС, ТМС в области фМРТ активации в правой задней лобной доле не выявило систематических речевых нарушений, и только фМРТ активация в левом полушарии оказалась критичной для речи при применении ТМС [Könönen 2015, pp. 12–13]. Другое недавнее исследование [Sakreida 2020, pp. 1] также показало, что при использовании ТМС в правых и левых нижних лобных областях, только стимуляция левых отделов мозга привела к большему количеству ошибок при назывании объектов. Однако обе группы исследователей включали в выборку только правшей, у которых профиль речевой репрезентации в мозге менее вариативен [Josse, Tzourio-Mazoyer 2004, pp. 6].

Таким образом, целью нашего исследования было протестировать с помощью метода ТМС и задания на называние слов по картинке критичную вовлеченность право- и левополушарных

паттернов фМРТ активации, полученной во время выполнения задания на заканчивание предложений. В нашу выборку были включены правши, левши и амбидекстры с разной степенью рукости для исследования более вариативной речевой репрезентации в мозге. Мы сфокусировались на изучении нижней лобной извилины, которая надежно вовлечена в процесс порождения речи по результатам многочисленных фМРТ парадигм. Мы предположили, что, если полученная фМРТ активация критична для речи и не была отражением других мозговых процессов, применение ТМС в этой области изменит успешность выполнения задания на называние.

В настоящем исследовании приняли участие 31 здоровый испытуемый, носитель русского языка с разными направлением и степенью рукости по Эдинбургскому опроснику [Oldfield 1971, pp. 97]. На первом этапе исследования мы выявили индивидуальные карты речевой репрезентации в мозге с помощью фМРТ речевого локалайзера [Большина 2016, с. 83]. Индивидуальные речевые карты активации были получены при помощи фМРТ парадигмы на заканчивание предложений («Директор подписывает важный ...»). Затем в этой же выборке мы применили ТМС в индивидуальные координаты наибольшей фМРТ активности в левой и правой нижних лобных извилинах, а также мнимую стимуляцию вертекса головного мозга в контрольном условии. В ТМС эксперименте участники выполняли задание на называние объектов и действий по картинке. ТМС производилась в течение 1000 мс и начиналась 300мс после начала предъявления картинке. Задачей испытуемых было назвать объект по картинке («малина») или сказать одним словом, что персонаж делает на картинке («рисует»).

Дисперсионный анализ с повторными измерениями показал, что называние действий было медленнее, чем называние объектов [$F(1, 27)=67.232, p < 0.001$, частичный $\eta^2 = 0.713$]. При этом правильность называния действий была меньше, чем правильность называния объектов (16% vs. 8% ошибок). Наконец, пост-хок тестирование выявило, что при стимуляции только левой нижней лобной извилины правильность называния действий была значимо выше по сравнению с контрольным условием стимуляции вертекса ($M = 0.046, SE = 0.015, t = 2.98, p = 0.043, \text{Cohen's } d = 0.594$), несмотря на направление и степень рукости испытуемых. Правильность и скорость называния объектов значимо не изменилась в результате стимуляции.

Настоящее исследование подтвердило критическое вовлечение только левого, но не правого полушария в назывании действий несмотря на вариативность речевой репрезентации в мозге у испытуемых с разной степенью рукости. При этом задание на называние объектов в нашем эксперименте оказалось нечувствительным для определения критически важных речевых зон. Полученный результат согласуется с двумя недавними исследованиями, в которых изучались более обширные регионы левого и правого полушарий, и было подтверждено критическое вовлечение только левого полушария. Однако в тех работах применяли исключительно задание на называние объектов. Предыдущие исследования не включали в свои выборки левшей и амбидекстров, у которых речевая функция в большей степени задействует

работу правого полушария. Наше исследование, включившее таких испытуемых, показало, что даже у них правое полушарие тем не менее не критично для порождения слов. Таким образом, результаты нашей работы подтвердили критическое вовлечение левой нижней лобной извилины в порождение действий и подчеркнули необходимость включения задания на называние действий, а не называние объектов в предоперационное тестирование, направленное на определение речевой организации в лобной доле головного мозга.

Литература

- Большина 2016 – *Большина Т.А., Малютина С.А., Завьялова В.В., Игнатъев Г.А., Ушаков В.Л., Акинина Ю.С., Иванова Ю.С., Драгой О.В.* Парадигма для определения латерализации языка в мозге: естественнонаучный метод на службе лингвистики // *Вестник Российского фонда фундаментальных исследований*, 2016. №. 3. С. 83–91.
- Bradshaw 2017 – *Bradshaw AR, Thompson PA, Wilson AC, Bishop DVM, Woodhead ZVJ.* Measuring language lateralization with different language tasks: A systematic review // *PeerJ*. 2017. Vol.10. <https://doi.org/10.7717/peerj.3929>
- Josse, Tzourio-Mazoyer 2004 – *Josse G, Tzourio-Mazoyer N.* Hemispheric specialization for language // *Brain Res Rev*. 2004. Vol. 44, no. 1. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2003.10.001>
- Könönen 2015 – *Könönen M, Tamsi N, Säisänen L, Kemppainen S, Määttä S, Julkunen P, Jutila L, Äikiä M, Kälviäinen R, Niskanen E, Vanninen R, Karjalainen P, Mervaala E.* Non-invasive mapping of bilateral motor speech areas using navigated transcranial magnetic stimulation and functional magnetic resonance imaging // *J of Neurosci Methods*. 2015. Vol. 248. P. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2015.03.030>
- Lehtinen 2018 – *Lehtinen H, Mäkelä JP, Mäkelä T, Lioumis P, Metsähonkala L, Hokkanen L, Wilenius J, Gaily E.* Language mapping with navigated transcranial magnetic stimulation in pediatric and adult patients undergoing epilepsy surgery: Comparison with extraoperative direct cortical stimulation // *Epilepsia Open*. 2018. Vol. 3, no. 2. P. 224–235. <https://doi.org/10.1002/epi4.12110>
- Oldfield RC 1971 – Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory // *Neuropsychologia*. 1971. Vol. 9.
- Sakreida 2020 – *Sakreida K, Blume-Schnitzler J, Frankemölle G, Drews V, Heim S, Willmes K, Clusmann H, Neuloh G.* Hemispheric Dominance for Language and Side Effects in Mapping the Inferior Frontal Junction Area with Transcranial Magnetic Stimulation // *J of Neurological Surgery, Part A: Cent Eur Neurosurgery*. 2020. Vol. 81, no. 2. P. 130–137. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701236>
- Sollmann 2014 – *Sollmann N, Tanigawa N, Ringel F, Zimmer C, Meyer B, Krieg SM.* Language and its right- hemispheric distribution in healthy brains: An investigation by repetitive

transcranial magnetic stimulation // *NeuroImage*. 2014. Vol. 102. P. 776–788.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.09.002>

Szaflarski 2001 – *Szaflarski J, Binder J, Possing E, McKiernan K, Ward B, Hammeke T, Possing E*. Language lateralization in left-handed and ambidextrous people fMRI data. 2001 // *Neurology*. <http://afni.nimh>.

Tussis 2016 – *Tussis L, Sollmann N, Boeckh-Behrens T, Meyer B, Krieg SM*. Language function distribution in left-handers: A navigated transcranial magnetic stimulation study // *Neuropsychologia*. 2016. Vol. 82. P. 65–73.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.01.010>

Packheiser 2020 – *Packheiser J, Schmitz J, Arning L, Beste C, Güntürkün O, Ocklenburg S*. A large-scale estimate on the relationship between language and motor lateralization // *Sci Rep*. 2020. Vol. 10, no.1. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70057-3>