

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ
НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2017**

ПОД РЕД. Е.В. ПЕЧЕНКОВОЙ, М.В. ФАЛИКМАН

УДК 159.9

ББК 81.002

К57

К57 Коллективный

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г.

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППИП. 2017 г. – 596 стр.

Электронная версия

ISBN 978-5-4465-1509-7

УДК 159.9

ББК 81.002

ISBN 978-5-4465-1509-7

© Авторы статей, 2017

ВОЗМОЖНОСТИ ТРАКТОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ ЛАТЕРАЛИЗАЦИИ РЕЧЕВЫХ ФУНКЦИЙ

Д. А. Баженова*, А. Д. Румшиская, Л. А. Маковская, Е. А. Мершина, Р. М. Власова
bazhenova.darya@gmail.com
ФГАУ ЛРЦ Минздравсоцразвития, Москва

Аннотация. На сегодняшний день было проведено относительно большое количество исследований локализации и латерализации дугообразного пучка у правшей и единичные исследования данного тракта у левшей. Целью настоящего исследования было провести сравнительный анализ латерализации речевых функций по данным функциональной МРТ и латерализации дугообразного пучка по данным диффузионно-тензорной МРТ у здоровых испытуемых с различной рукостью. Латерализация речевых функций определялась для двух речевых зон – Брока и Вернике – по результатам двух фМРТ-проб: название действий и чтение предложений. Также был посчитан индекс латерализации дугообразного пучка в целом и трех его компонентов, построенных по данным диффузионно-тензорной МРТ. Была получена корреляция между индексом латерализации, посчитанным по объему лобно-височного компонента дугообразного пучка, и индексом латерализации, посчитанным по объему активации в зоне Вернике. Таким образом, метод диффузионно-тензорной трактографии представляет возможность косвенной оценки латерализации сенсорных центров речи (зоны Вернике), что может быть актуально для пациентов с тяжелым когнитивным дефицитом, которые не в состоянии выполнить стандартные речевые фМРТ-пробы.

Ключевые слова: трактография, диффузионно-тензорная МРТ, фМРТ, дугообразный пучок, латерализация, речевые функции, функциональная асимметрия, правши, левши

Введение

Метод диффузионно-тензорной магнитно-резонансной трактографии (ДТ МРТ) позволяет проводить косвенную оценку латерализации, а также оценку целостности проводящих путей головного мозга. Эти данные могут быть использованы для планирования операционного доступа и объема оперативного вмешательства в нейрохирургии (Пронин и др., 2008), а также для прогнозирования восстановления после поражений головного мозга (Puig et al., 2017). Также проводятся научные исследования проводящих путей головного мозга с помощью данного метода, например, изучается асимметрия морфометрических показателей трактов (Häberling et al., 2013). Можно предположить, что асимметрия трактов связана с функциональной асимметрией головного мозга. Одной из высших психических функций с тенденцией к латерализации мозговой организации является речь, представительство которой у взрослых праворуких людей определяется преимущественно в левом полушарии (Szaflarski et al., 2002). Дугообразный пучок считается основным трактом, участвующим в обеспечении речевых функций (Catani et al., 2007). В опубликованных данных

показана связь правополушарной латерализации речевых функций по данным фМРТ с показателями ДТ МРТ, отражающими изменения микроструктуры белого вещества головного мозга в дугообразном пучке левого полушария и в левой теменной области (Perlaki et al., 2013). Обнаружена преимущественно левосторонняя латерализация дугообразного пучка у праворуких испытуемых (Egger et al., 2015). Противоречивые данные были получены о наличии связи между данными опросников на определение ведущей руки и индексом латерализации различных проводящих путей головного мозга, реконструированных по данным ДТ МРТ (Allendorfer et al., 2016; Propper et al., 2010; Vernooij et al., 2007). Сопоставление данных латерализации речевых функций по результатам функциональной МРТ (фМРТ) и латерализации дугообразного пучка по данным ДТ МРТ было проведено в ряде исследований, и их результаты также противоречивы. С одной стороны, часть исследователей получили данные в пользу того, что асимметрия дугообразного пучка носит функциональный характер (Sreedharan et al., 2015; James et al., 2015), с другой стороны, на основе своих данных Vernooij с коллегами (2007) предположили, что латерализация дугообразного пучка не имеет никакой связи с функциональной латерализацией. Причиной противоречивых результатов могут быть различия в процедуре реконструкции дугообразного пучка. В настоящем исследовании, мы реконструировали три различных сегмента дугообразного пучка (Catani et al., 2008), предполагая, что различные сегменты данного тракта могут выполнять различные функции и иметь различную степень латерализации. Таким образом, *целью* нашего исследования был сравнительный анализ латерализации речевых функций по данным фМРТ и латерализации дугообразного пучка по данным ДТ МРТ у правой, левой и амбидекстров по трем сегментам дугообразного пучка.

Материалы и методы

Всего в исследование было включено 30 здоровых добровольцев: 13 правой, 15 левой, 2 амбидекстра, 8 мужчин, средний возраст 26.4 лет. Все испытуемые перед началом исследования заполняли модифицированный опросник Аннет (Вассерман и др., 1997), по которому проводился подсчет баллов для определения праворукости/леворукости. Каждый испытуемый выполнял две фМРТ-пробы: (1) чтение предложений (в контрольном условии – чтение букв), направленное на локализацию зоны Вернике; (2) называние действий, которые можно совершить с предъявленным предметом (в контрольном условии – рассматривание изображений спиралей), направленное на локализацию зоны Брока. В конце сканирования испытуемым выполнялась ДТ МРТ.

Сканирование проводилось на томографе Siemens Avanto 1.5 T, включало получение анатомических T1-взвешенных изображений с изотропическим вокселем 1 мм, функциональных T2*-взвешенных изображений (TE 50 мс, FA 90°, TR 3050 мс для первой фМРТ-пробы и 2520 мс для второй), диффузионно-тензорных изображений (TR 4100 мс, TE 88 мс, размер вокселя: 1.8×1.8×3.0 мм, b-value = 0, 1000; 20 направлений диффузии, 6 повторений).

Обработка данных фМРТ проводилась в программе SPM12 (MATLAB v. 7.5.0). Индивидуальные карты активации строились с помощью общей линейной

модели. При анализе результатов фМРТ-пробы, направленной на локализацию зоны Брока, включались кластеры активации размерами более 5 вокселей, статистически значимые на уровне $p < .05$, с поправкой на множественные сравнения на уровне вокселей (FWE). При анализе результатов фМРТ-пробы, направленной на локализацию зоны Вернике, учитывались кластеры активации, статистически значимые на уровне $p < .05$ с поправкой на множественные сравнения на уровне кластеров (FDR). Подсчет объема активации в области зоны Брока осуществлялся путем пересечения анатомической маски в области нижних лобных извилин с активацией, полученной в первой фМРТ-пробе. При подсчете объема активации в области зоны Вернике учитывались кластеры активации, расположенные в области ангулярной извилины, задней и средней трети верхней и средней височной извилин обоих полушарий, полученные во второй фМРТ-пробе. Подсчет индекса латерализации (ИЛ) по каждой из проб производился по формуле: $(V_L - V_R) / (V_L + V_R)$, где V_L — объем зоны активации в левом полушарии, V_R — объем зоны активации в правом полушарии.

Обработка данных ДТ МРТ осуществлялась в программе FSL, включала коррекцию артефактов, вызванных токами Фуко, и коррекцию движений ("eddy current correction"), извлечение Т1 и ДТ взвешенных изображений из черепа, коррегистацию анатомических и ДТ-изображений. Реконструкция и построение модели всех проводящих путей головного мозга (трэкинг) проводились в программе Diffusion Toolkit с порогами: фракционная анизотропия не меньше 0.1, угол не больше 45°, инвертирование по оси Z. Построение трактов производилось в программе Trackvis: были вручную выделены три области интереса (ROI) в каждом полушарии: в лобной, височной и теменной долях, между которыми были построены три части дугообразного тракта: лобно-теменная, лобно-височная, височно-теменная (Catani et al., 2008). Далее был посчитан объем каждой части пучка и суммарный объем трактов с двух сторон, а также ИЛ по отдельным пучкам и по дугообразным трактам в целом по той же формуле, что и ИЛ для фМРТ.

Результаты

Использование коэффициента ранговой корреляции Пирсона не выявило статистически значимой связи между рукостью испытуемых и ИЛ, полученными по данным фМРТ и трактографии. Однако была выявлена прямая корреляция между ИЛ лобно-теменного и височно-теменного компонентов дугообразного пучка ($p < .002$ с поправкой FDR; $r = .644$), тогда как корреляция ИЛ этих компонентов с ИЛ лобно-височного компонента получено не было. Также обнаружена прямая корреляция между ИЛ, посчитанным по объему лобно-височного компонента дугообразного пучка, и ИЛ, посчитанным по объему активации в зоне Вернике ($p < .03$ с поправкой FDR; $r = .509$).

Обсуждение результатов

Полученные нами данные согласуются с результатами Allendorfer и коллег: праворукость и леворукость не коррелируют с латерализацией, посчитанной по объему дугообразного пучка в целом. Так же, как и в исследовании Vernooij с коллегами, не было выявлено корреляции между ИЛ, посчитанными

по объему дугообразного тракта в целом, и ИЛ, посчитанными по результатам речевых фМРТ-проб. Однако нами была получена статистически значимая корреляция ИЛ, посчитанного по лобно-височному компоненту дугообразного пучка, и ИЛ, посчитанному по активации в области зоны Вернике, что исследовалось и обнаружено впервые. Полученные нами данные расходятся с результатами исследования James и соавторов, в котором была показана корреляция между ИЛ, посчитанным по результатам ДТИ по всему дугообразному пучку, и ИЛ, посчитанному по результатам фМРТ. Это может быть связано с тем, что в исследовании James выборка леворуких испытуемых была невелика (51 праворуких, 6 леворуких испытуемых), тогда как в нашем исследовании соотношение леворуких и праворуких испытуемых было более равномерным (15 и 13).

Также наше исследование показало наличие корреляции ИЛ лобно-теменного и теменно-височного компонентов между собой, тогда как ИЛ лобно-височного компонента с ИЛ остальных компонентов не коррелировал. Тот факт, что только латерализация лобно-височного компонента коррелирует с латерализацией речи, позволяет предположить различную функциональную значимость компонентов дугообразного пучка.

Выводы

Метод диффузионно-тензорной трактографии дает возможность косвенной оценки латерализации сенсорных центров речи (зоны Вернике) путем подсчета ИЛ по объему лобно-височного компонента дугообразного пучка. Полученные данные могут дать дополнительную диагностическую информацию о латерализации зоны Вернике, которая может быть актуальна для пациентов, у которых данные функциональной МРТ недостаточно диагностически значимы, а также у пациентов с тяжелым когнитивным дефицитом, которые не в состоянии выполнить стандартные речевые фМРТ-пробы. Необходимо дальнейшее исследование функциональной роли различных сегментов дугообразного пучка и особенностей их латерализации.

Литература

- Вассерман Л.И., Дорофеева С.А., Меерсон Я.А. Методы нейропсихологической диагностики. СПб: «Стройлеспечать», 1997.
- Пронин И.Н., Фадеева Л.М., Захарова Н.Е. Диффузионная тензорная магнитно-резонансная томография и трактография // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2008. Т. 2. №1. С. 32–40.
- Allendorfer J.B., Hernando K.A., Hossain S., Nenert R., Holland S.K., Szaflarski J.P. Arcuate fasciculus asymmetry has a hand in language function but not handedness // *Human Brain Mapping*. 2016. Vol. 37. No.9. P. 3297–3309. doi:10.1002/hbm.23241
- Catani M., Allin M.P.G., Husain M., Pugliese L., Mesulam M.M., Murray R.M., Jones D.K. Symmetries in human brain language pathways correlate with verbal recall // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. No.43. P. 17163–17168. doi:10.1073/pnas.0702116104
- Catani M., De Schotten M.T. A diffusion tensor imaging tractography atlas for virtual in vivo dissections // *Cortex*. 2008. Vol. 44. No.8. P. 1105–1132. doi:10.1016/j.cortex.2008.05.004
- Egger K., Yang S., Reisert M., Kaller C., Mader I., Beume L., Weiller C., Urbach H. Tractography of Association Fibers Associated with Language Processing // *Clinical Neuroradiology*. 2015. Vol. 25. No.52. P. 231–236. doi:10.1007/s00062-015-0447-2

Häberling I.S., Badzakova-Trajkov G., Corballis M.C. Asymmetries of the arcuate fasciculus in monozygotic twins: genetic and nongenetic influences // PLoS one. 2013. Vol. 8. No.1. P. e52315. doi:10.1371/journal.pone.0052315

James J.S., Kumari S.R., Sreedharan R.M., Thomas B., Radhkrishnan A., Kesavadas C. Analyzing functional, structural, and anatomical correlation of hemispheric language lateralization in healthy subjects using functional MRI, diffusion tensor imaging, and voxel-based morphometry // Neurology India. 2015. Vol. 63. No.1. P. 49–57. doi:10.4103/0028-3886.152634

Perlaki G., Horvath R., Orsi G., Aradi M., Tibor Auer T., Varga E., Kantor G., Iltbäcker null A., John F., Doczi T., Komoly S., Kovacs N., Schwarcz A., Janszky J. White-matter microstructure and language lateralization in left-handers: a whole-brain MRI analysis // Brain and Cognition. 2013. Vol. 82. No.3. P. 319–328. doi:10.1016/j.bandc.2013.05.005

Propper R.E., O'Donnell L.J., Whalen S., Tie Y., Norton I.H., Suarez R.O., Zollei L., Radmanesh A., Golby A.J. A combined fMRI and DTI examination of functional language lateralization and arcuate fasciculus structure: Effects of degree versus direction of hand preference // Brain and Cognition. 2010. Vol. 73. No.2. P. 85–92. doi:10.1016/j.bandc.2010.03.004

Puig J., Blasco G., Schlaug G. Diffusion tensor imaging as a prognostic biomarker for motor recovery and rehabilitation after stroke // Neuroradiology. 2017. Vol. 59. No.4. P. 343–351. doi:10.1007/s00234-017-1816-0

Sreedharan R.M., Menon A.C., James J.S., Kesavadas C., Thomas S.V. Arcuate fasciculus laterality by diffusion tensor imaging correlates with language laterality by functional MRI in preadolescent children // Neuroradiology. 2015. Vol. 57. No.3. P. 291–297. doi:10.1007/s00234-014-1469-1

Vernooij M.W., Smits M., Wielopolski P.A., Houston G.C., Krestin G.P., van der Lugt A. Fiber density asymmetry of the arcuate fasciculus in relation to functional hemispheric language lateralization in both right- and left-handed healthy subjects: a combined fMRI and DTI study // NeuroImage. 2007. Vol. 35. No.3. P. 1064–1076. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.12.041

Scope of MR-tractography in Speech Lateralization

Bazhenova D.A.*, Rumshiskaya A.D, Makovskaya L.A., Mershina E.A., Vlasova R.M. bazhenova.darya@gmail.com

Federal Center of Treatment and Rehabilitation; Moscow, Russia

Abstract. In recent years a relatively large number of studies have been carried out exploring the lateralization of the arcuate fasciculus in right-handers. The purpose of this study was to perform a comparative analysis of the lateralization of speech functions from data of functional MRI and lateralization of the arcuate fasciculus from data of diffusion-tensor MRI in healthy participants with varying degrees of handedness. The lateralization of two main speech areas, Broca's and Wernicke's, was determined by the results of two fMRI tasks: naming of actions and reading of sentences. The laterality index of the arcuate fasciculus and its components was calculated for all participants. A correlation was obtained between the lateralization index calculated for the volume of the fronto-temporal component, and the lateralization index calculated for the activation volume in Wernicke's area. Thus, using the method of diffusion-tensor tractography, it is possible to indirectly assess the lateralization of sensory speech centers (Wernicke's area), which may be relevant for patients with severe cognitive deficits who are unable to perform standard speech fMRI tests.

Keywords: tractography, DTI, fMRI, arcuate fasciculus, language lateralization, speech functions, handedness

ОСОБЕННОСТИ ОПОЗНАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЛИЦ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ЧЕЛОВЕКА

Я. В. Безрукавая*, Н. Ю. Герасименко, А. Б. Киселева, Е. С. Михайлова,
И. В. Бондарь

yana.bezrukavaya@gmail.com

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН

Аннотация. Используя морфинг лиц от усредненного к индивидуальному, исследовали механизмы распознавания лиц. Исследование проходило в два этапа: проведение психофизического эксперимента с целью проверить выдвинутую гипотезу и сравнить результаты с уже представленными в литературе, а также исследование методом зрительных вызванных потенциалов (ВП). В первой, подготовительной серии психофизического эксперимента испытуемым показывали 4 индивидуальных лица, которые им необходимо было запомнить. Во второй серии эксперимента, помимо изученных ранее четырех индивидуальных лиц, испытуемым предъявлялись морфы от прототипа (усредненного лица) к каждому из представленных индивидуальных лиц. Испытуемые не видели различий при предъявлении им лиц, содержащих менее 20 % индивидуальных черт. При этом лица с морфингом более 60 % уже распознают как индивидуальные. В результате исследования методом ВП была обнаружена высокая амплитуда N250 на морфы 60 % и 100 %.

Ключевые слова: человек, лицо, зрительное опознание, опознание лиц, морфинг, вызванные потенциалы

Опознание лиц является одной из наиболее сложных зрительных функций человека и является важным фактором в коммуникации (Нахбу et al., 2000). Наша способность различать похожие зрительные объекты осуществляется за счет тонко настроенных нейронных механизмов головного мозга. В психологических исследованиях восприятия лиц говорится о многомерном «лицевом пространстве», где лица представлены в виде точек (векторов) в пространстве со средним по всем граням — в нуле. Исследования, ранее проведенные на приматах, показали, что в опознании индивидуальных лиц относительно референтного усредненного лица участвуют нейроны нижней височной коры (Leopold et al., 2006). Однако механизмы опознания индивидуальных лиц человеком изучены недостаточно (Balconi, Pozzoli, 2005; Zheng et al., 2012). Например, Zheng с соавторами исследовали опознание лиц в зависимости от степени морфинга, но использовали модель, в которой испытуемые запоминали только одно лицо (Zheng et al., 2012). Сами авторы подчер-