

*И.Н. Боголепова и Л.И. Малофеева*

## ЦИТОАРХИТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОТЛИЧИЯ РЕЧЕДВИГАТЕЛЬНЫХ ПОЛЕЙ КОРЫ МОЗГА У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

Лаборатория анатомии и архитектоники мозга (зав. — чл.-кор. РАМН проф. И.Н. Боголепова), Научный центр неврологии РАМН, Москва

Изучена цитоархитектоника коры речедвигательных полей 44 и 45 в левом и правом полушариях мозга у мужчин и женщин. Исследованы серии фронтальных срезов, окрашенных крезильным фиолетовым по методу Ниссля. Измеряли площадь профильного поля нейронов слоя III, его толщину и поперечник всей коры. У мужчин и женщин не выявлено значимых различий по этим параметрам. Однако наблюдается тенденция больших величин этих показателей у мужчин по сравнению с таковыми у женщин в левом полушарии мозга, а у женщин по сравнению с мужчинами — в правом полушарии.

**Ключевые слова:** кора большого мозга, полушарие, нейроны, цитоархитектоника, половой диморфизм.

Накоплен большой фактический материал, свидетельствующий о существенных различиях когнитивных способностей, поведения, пространственной ориентации, эмоциональных реакций у мужчин и женщин [1, 4–6]. Значительные гендерные отличия обнаружены в восприятии и запоминании вербальной информации, скорости речи [2, 3]. Результаты исследований последних десятилетий свидетельствуют о том, что, наряду с ведущей ролью левого полушария, в речевых процессах наблюдается участие и правого полушария в анализе не только просадических, но также семантических и лингвистических характеристик речевого материала [4, 14].

Морфологический аспект межполушарных и гендерных различий речедвигательной зоны мозга изучен недостаточно полно. Имеющиеся в литературе данные касаются в основном макроскопического строения данной структуры мозга, но и они довольно противоречивы. Так, при анатомическом исследовании оперкулярной и триангулярной частей нижней лобной извилины был выявлен большой объем коры в левом полушарии мозга, чем в правом [7]. Левополушарную асимметрию объема речедвигательных структур как у мужчин, так и у женщин наблюдали также при магнитно-резонансном томографическом (МРТ) исследовании [8, 9]. Однако тем же методом другие исследователи никаких межполушарных или половых различий объема оперкулярной части нижней лобной извилины не выявили [15]. Не были описаны межполушарные и гендерные различия объема нижней лобной извилины и другими авторами [10]. Цитоархитектонические данные, касающиеся объема коры, плотности и общего

числа нейронов в речедвигательных полях 44 и 45 у 5 мужчин и 5 женщин, были представлены Н.В.М. Uylings и соавт. [16]. В поле 44 объем коры и общее количество нейронов было больше в левых полушариях в обеих подгруппах, однако статистически значимая асимметрия этих показателей была выявлена только у мужчин, в то время как в поле 45 по объему коры — у женщин. Значимые межполушарные различия плотности расположения нейронов в обоих полях как у мужчин, так и у женщин отсутствовали.

В литературе слабо освещен вопрос межполушарных и гендерных различий таких ведущих цитоархитектонических признаков, как размер нейронов, толщина коры и ее отдельных слоев.

Целью настоящей работы явилось изучение площади профильного поля нейронов ассоциативного слоя III, его толщины и толщины всей коры в речедвигательных полях 44 и 45 в левом и правом полушариях мозга у мужчин и женщин.

**Материал и методы.** Материал для исследования получен из коллекции лаборатории анатомии и архитектоники мозга Научного центра неврологии РАМН. Исследование проведено на сериях тотальных фронтальных срезов толщиной 20 мкм, окрашенных крезильным фиолетовым. Всего исследовано 10 полушарий мозга 5 мужчин и 10 полушарий мозга 5 женщин в возрасте 20–60 лет, не имевших неврологических и психических заболеваний. Площадь профильного поля нейронов ( $n=100$ ) измеряли с помощью прибора Диаморф-Цито W (Россия), об. 100, ок. 10. Толщину слоя III и всего поперечника коры полей 44 и 45 измеряли микрометрическим методом под микроскопом МБС-9, об. 4, ок. 7. В каждом полушарии проведено 30 измерений. Обработка количественных данных проведена А.Д. Антоховым с использованием программы «Статистика-6». Значимость различий цифровых данных определяли с использованием t-критерия

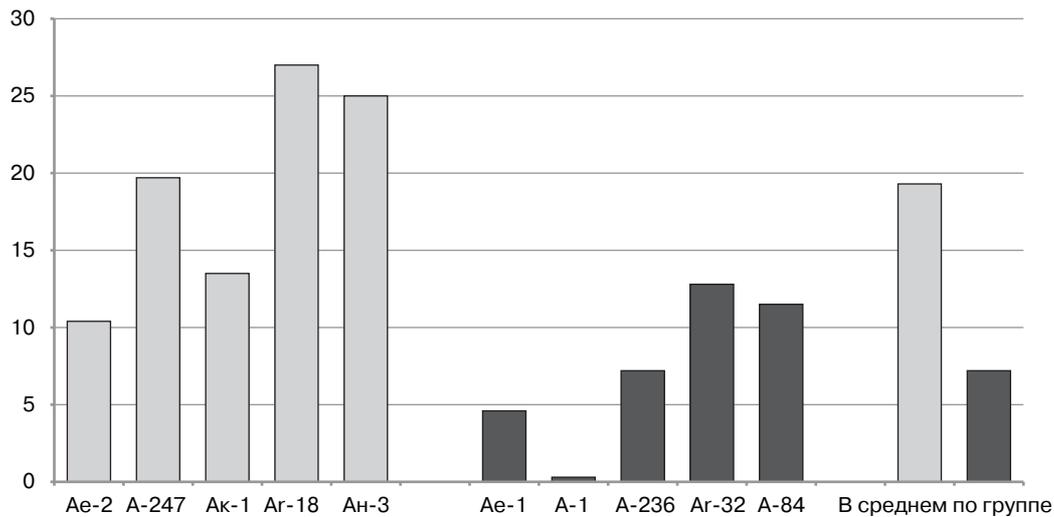


Рис. 1. Коэффициент асимметрии среднего значения площади профильного поля нейронов слоя III поля 45 речедвигательной зоны коры мозга у мужчин (светлые столбики) и женщин (темные столбики).

По оси абсцисс — шифр мозга; по оси ординат — величина коэффициента асимметрии (%).

Стьюдента, U-критерия Вилкоксона—Манна—Уитни и считали значимыми при  $P < 0,05$ .

**Результаты исследования.** В левом полушарии мозга в слое III поля 44 у мужчин профильное поле нейронов у разных индивидуумов варьировало от 224,5 до 306 мкм<sup>2</sup>, а в среднем составило  $272 \pm 14$  мкм<sup>2</sup>. У женщин различия между индивидуумами были менее значительны — 252,8 мкм<sup>2</sup> и 285,0 мкм<sup>2</sup> и в среднем несколько меньше, чем у мужчин —  $264 \pm 6$  мкм<sup>2</sup>. Однако статистически значимых различий между группами не выявлено.

В правом полушарии мозга в слое III поля 44 профильное поле нейронов у мужчин составляло 159,0–231,0 мкм<sup>2</sup>, в среднем —  $207 \pm 13$  мкм<sup>2</sup>. У женщин размер пирамидных нейронов колебался от 207,0 до 257,2 мкм<sup>2</sup> и в среднем был равен  $243 \pm 9$  мкм<sup>2</sup>, т.е. больше, чем у мужчин. Различия между группами приближались к статистически значимым ( $P = 0,053$ ).

У мужчин в большинстве случаев размер нейронов в слое III поля 44 был больше в левом полушарии, чем в правом ( $P < 0,05$ ). Коэффициент асимметрии очень высок — 9,3–41,4% и в среднем по группе был равен 25,4%. У женщин различия между полушариями по данному показателю были менее значительны. Статистически значимые различия были выявлены только в одном случае. Коэффициент асимметрии в группе женщин составлял 0,4–31,7% и в среднем был равен 8,8%.

Таким образом, в слое III поля 44 наблюдалась большая площадь профильного поля нейронов в левом полушарии у мужчин, чем у женщин, в то время как в правом полушарии, наоборот, — у

женщин. В обеих группах в большинстве исследованных случаев большая величина нейронов отмечена в левом полушарии мозга. Межполушарные различия у мужчин выражены в большей степени, чем у женщин.

В левом полушарии мозга в слое III поля 45 значение площади профильного поля нейронов у мужчин колебалось от 212,7 до 265,0 мкм<sup>2</sup>, в среднем было —  $237 \pm 9$  мкм<sup>2</sup>. У женщин в большинстве случаев эти величины были несколько больше, чем у мужчин. Колебания этого показателя у разных индивидуумов составляли от 233,0 до 269,6 мкм<sup>2</sup>, в среднем профильное поле нейронов у женщин было равно  $248 \pm 6$  мкм<sup>2</sup>. Однако гендерные различия статистически не были значимы ( $P = 0,361$ ).

В правом полушарии мозга в слое III поля 45, так же как в поле 44, у женщин по сравнению с мужчинами наблюдался больший размер нейронов. У мужчин профильное поле нейронов составляло 188,0–236 мкм<sup>2</sup>, в среднем —  $204 \pm 8$  мкм<sup>2</sup>. У женщин — 205,0–257,1 мкм<sup>2</sup>, в среднем —  $232 \pm 10$  мкм<sup>2</sup>. Различия между группами приближались к статистически значимому ( $P = 0,06$ ).

Установлено, что различия размеров нейронов в слое III поля 45 в левом и правом полушариях мозга у мужчин по сравнению с таковыми у женщин были более выражены (рис. 1). Коэффициент асимметрии у мужчин в среднем по группе равен 19,3%, у женщин — 7,2%.

Таким образом, в поле 45 в слое III в обоих полушариях мозга у женщин размер профильного поля нейронов больше чем у мужчин, особенно в правом полушарии мозга. В поле 45 левопо-

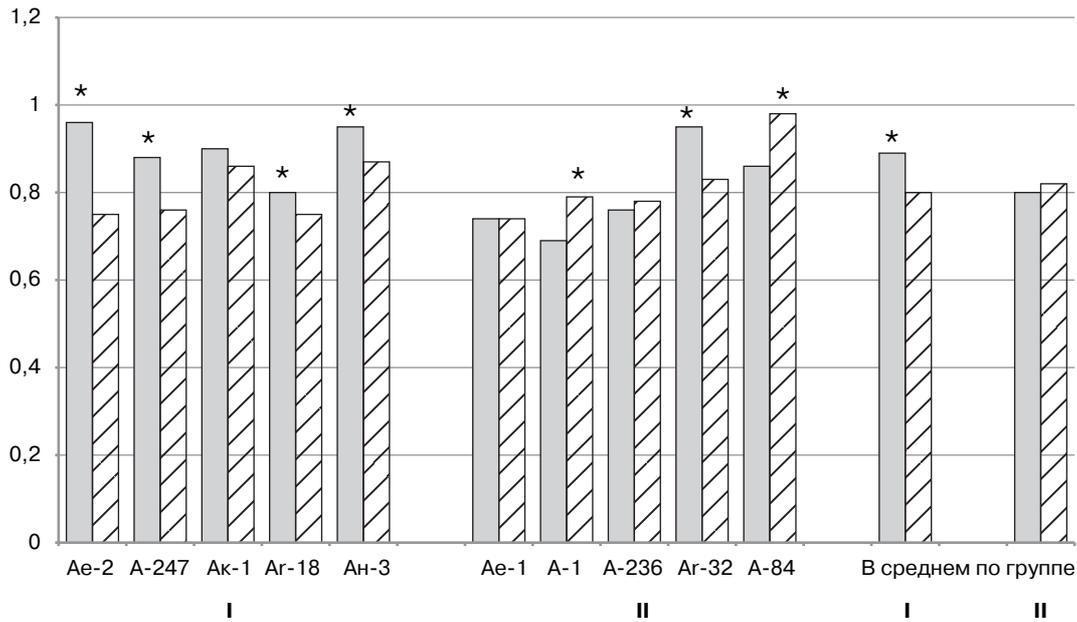


Рис. 2. Толщина слоя III поля 44 речедвигательной зоны коры в левом (серые столбики) и правом (заштрихованные столбики) полушарии мозга у мужчин (I) и женщин (II).

По оси абсцисс — шифр мозга; по оси ординат — среднее значение исследованного параметра (мм); звездочки — межполушарные различия значимы при  $P < 0,05$ .

лушарная асимметрия выражена значительно у мужчин.

Измерение толщины коры полей 44 и 45 выявило значительную ее вариабельность в обеих исследованных группах. В левом полушарии мозга гендерные различия данного показателя выражены слабо, в то время как в правом полушарии мозга в обоих полях толщина коры больше у женщин. Так, в поле 45 в правом полушарии мозга толщина коры в среднем составляла у мужчин —  $2,67 \pm 0,05$  мм, у женщин —  $2,82 \pm 0,04$  мм. Однако статистически значимых различий этого показателя у мужчин и женщин не наблюдалось ( $P > 0,05$ ).

Цитоархитектонические данные свидетельствуют о том, что большой вклад в увеличение поперечника коры вносит ассоциативный слой III. Крупные нейроны этого слоя составляют основу морфофункциональных модулей коры. Их аксоны принимают непосредственное участие в формировании длинных внутриполушарных и межполушарных ассоциативных связей. Измерение толщины коры в речедвигательных полях 44 и 45 не выявило статистически значимых гендерных различий. Однако в поле 44 в левом полушарии толщина слоя III в среднем несколько больше у мужчин ( $0,89 \pm 0,04$  мм), чем у женщин ( $0,80 \pm 0,04$ ), в то время как в поле 45 в правом полушарии слой III толще у женщин ( $0,77 \pm 0,05$  и  $0,83 \pm 0,03$  мм соответственно). У мужчин по сравнению с женщинами левополушарная асимметрия толщины слоя III более отчетливо выражена. В

большинстве наблюдений межполушарные различия у них были статистически значимы ( $P < 0,001$ ). У женщин данный показатель в двух случаях статистически не различался, в двух случаях был выше справа и в одном случае толщина слоя III была больше слева (рис. 2).

**Обсуждение полученных данных.** Таким образом, в результате проведенных исследований выявлена значительная вариабельность величины ведущих цитоархитектонических характеристик речедвигательных полей 44 и 45 как в группе мужчин, так и в группе женщин. Установлено, что тенденция к доминированию величины цитоархитектонических показателей у мужчин и женщин по-разному выражена в левом и правом полушарии мозга. Так, у мужчин по ряду показателей (толщина коры, толщина ассоциативного слоя III, площадь профильного поля нейронов в слое III, доля в нем крупных нейронов) отмечается тенденция к большей их величине в левом полушарии мозга, в то время как у женщин — в правом. У мужчин по сравнению с женщинами более отчетливо выражен левополушарный профиль межполушарной асимметрии изученных цитоархитектонических признаков. Можно предположить, что выявленные морфологические различия обусловлены особенностью речевых функций у мужчин и женщин. Литературные данные свидетельствуют о том, что гендерные отличия речевых функций в значительной степени обусловлены особенностями межполушарных взаи-

моотношений [3, 5]. На основании функциональных и клинических исследований, было высказано предположение, что мозг мужчин более латерализован, чем мозг женщин. Одни исследователи считают, что женщины по сравнению с мужчинами имеют меньшую специализацию полушарий мозга, т.е. возможность выполнения левым и правым полушарием идентичных языковых функций [13, 14]. Высказана также точка зрения о том, что мужчины и женщины различаются стратегией обработки речевой информации [11, 12]. Женщины чаще используют качественно отличный по своей природе, правополушарный способ обработки вербальной информации [2, 3].

Результаты наших исследований не показали значимых различий изученных цитоархитектонических характеристик речедвигательных полей у мужчин и женщин. Однако отчетливо прослеживается тенденция к большей площади профильного поля нейронов слоя III, его толщины и поперечника коры полей 44 и 45 у женщин по сравнению с таковыми у мужчин в правом полушарии мозга, в то время как у мужчин их величина в большинстве наблюдений несколько больше в левом полушарии мозга. Полученные нами морфологические данные в большей степени согласуются с точкой зрения о том, что женщины чаще, чем мужчины, используют стратегию правополушарного способа обработки речевых стимулов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берн Ш. Гендерная психология. СПб., Прабм-Еврознак, 2008.
2. Вольф Н.В. Половые различия функциональной организации процессов полушарий обработки речевой информации: Учебное пособие. Ростов н/Д, Изд-во ООО «ЦВВР», 2000.
3. Вольф Н.В. и Разумникова О.М. Половой диморфизм функциональной организации мозга при обработке речевой информации. В кн.: Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия. М., Научный мир, 2004, с. 386–410.
4. Руководство по функциональной межполушарной асимметрии. Под ред. В.Ф. Фокина, И.Н. Боголепой, Б. Гутника, В.И. Кобрин и В.В. Шульговского. М., Научный мир, 2009.
5. Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия. М., Научный мир, 2004.
6. Шейнов В.П. Женщина и мужчина. М., Минск, АСТ Харвест, 2006.

7. Falzi G., Perrone P. and Vignolo L.A. Right-left asymmetry in anterior speech region. Arch. Neurol., 1982, v. 39, p. 239–240.
8. Foundas A.L., Eure K.F., Luevano L.F. and Weinberger D.R. MRI asymmetries of Broca's area: the pars triangularis and pars opercularis. Brain Lang., 1998, v. 64, p. 282–296.
9. Foundas A.L., Weisberg A., Browning C.A. and Weinberger D.R. Morphology of the frontal operculum: A volumetric magnetic resonance imaging study of the pars triangularis. J. Neuroimaging, 2001, v. 11, p. 153–159.
10. Harasty J., Double K.L., Halliday G.M. et al. Language-associated cortical regions are proportionally larger in the female brain. Arch. Neurol., 1997, v. 54, p. 171–176.
11. Kimura D. and Harsman R.A. Sex differences in brain organization for verbal and nonverbal function. Prog. Brain Res., 1984, v. 61, p. 423–441.
12. Levy J. Cerebral asymmetry and the psychology of man. In: Brain and Psychology, New York, Academic Press, 1980, p. 183–191.
13. McGlone J. Sex Difference in the Human Brain Asymmetry: a Critical Survey. Behav. and Brain Sci., 1980, v. 3, № 2, p. 215–263.
14. Shaywitz B.A., Shaywitz S.E., Pugh K.R. et al. Sex differences in the functional organization of the brain for language. Nature, 1995, v. 373, № 6515, p. 607–609.
15. Tomaiuolo F., Macdonald J.D., Caramanos Z. et al. Morphology, morphometry and probability mapping of the pars opercularis in the inferior frontal gyrus: An in vivo MRI analysis. Eur. J. Neurosci., 1999, v. 11, p. 3033–3046.
16. Uylings H.B.M., Jacobsen A.M., Zilles K. and Amunts K. Left-right asymmetry in volume and number of neurons in adult Broca's area. Cortex, 2006, v. 42, p. 652–658.

Поступила в редакцию 14.10.09

## DIFFERENCES IN CYTOARCHITECTURE OF SPEECH-MOTOR AREAS OF THE CEREBRAL CORTEX BETWEEN MEN AND WOMEN

*I.N. Bogolepova and L.I. Malofeyeva*

Cerebral cortex cytoarchitecture of speech-motor areas 44 and 45 in the left and right hemispheres of brain of men and women has been studied. Series of frontal sections stained with cresyl violet using Nissl's method have been investigated. In layer III, the surface of profile area of neurons, its width and the width of the whole cortex diameter have been measured. No significant differences of these values between men and women were detected. However, there was a clear tendency of increased values of these parameters in the left hemisphere in men, as compared with women, while women had highest values in the right hemisphere.

**Key words:** cerebral cortex, hemisphere, cytoarchitecture, neurons, sexual dimorphism.

Laboratory of Brain Anatomy and Architectonics, RAMS Scientific Center of Neurology, Moscow