

К ВОПРОСУ ОБ АСИММЕТРИИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МОЗГА У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН.

Амунц В.В.

НИИ мозга РАМН.

В настоящее время актуальным является вопрос о половом диморфизме мозга человека. В нашем сообщении мы приведем данные литературы последних лет о структурных различиях между мужским и женским мозгом, а также некоторые собственные данные и проанализируем их в аспекте асимметрии.

Под определением "половой диморфизм" понимают различное строение женских и мужских организмов, феномен, который имеет место и в мире животных. Известно, что мужской и женский мозг человека отличается по весу. Относительный вес мозга у мужчин больше, чем у женщин. Такие данные были представлены Науг в 1987 году. Науг отмечал также, что у женщин в неокортексе больше плотность нейронов по сравнению с мужчинами. Поэтому малый вес мозга у женщин не обусловлен меньшим количеством нейронов.

В литературе в последние годы описаны половые различия структурной организации отдельных подкорковых образований и корковых областей и комиссуральных систем мозга у человека. Что касается подкорковых образований, то они посвящены, главным образом, ядрам гипоталамуса у мужчин и женщин при посмертном изучении. Это - работы школы шведского ученого Swaab а. (M.A. Hoffman, D.F. Swaab, 1989; D.F. Swaab а. M.A. Hoffman, 1990; D.F. Swaab а. E. Fliers, 1985; M.A. Hoffman et al., 1988; L.S. Allen et al., 1989 и др.). Так, Swaab а. и Fliers (1985) дают схему важнейших ядер переднего гипоталамуса, свидетельствующую о некоторых данных, касающихся диморфизма отдельных его ядер. Swaab и Fliers , а также Allen и др. (1989) показали,

что сексуально диморфированное ядро у мужчин в 2,5 раза больше, чем у женщин. Кроме того Allen нашел, что супрахиазмальное ядро также в 2 раза больше у мужчин, а Hoffman и др. отметили, что оно отличается по форме у мужчин и женщин. Allen с соавт. описал эти 4 ядра как интерстициальные ядра.

Отмечено также, что у гомосексуальных мужчин поверхность супрахиазмального ядра (SNC) в 1,7 раза больше, чем у гетеросексуальных мужчин (D.F. Swaab а. Y. M.A.Hoffman 1990), что подтвердил Le Vay (1991 год). Однако эти авторы не касались вопроса о структурной асимметрии ядер гипоталамуса.

В коре головного мозга половые различия описаны в комиссуральных структурах, Сильвиевой фиссуре и в корковых областях: лобной, височной и теменной с указанием на асимметричное их строение у мужчин и женщин.

Серия работ в этой области принадлежит канадской ученой Sandra Witelson с соавторами. Так, в работе Witelson 1985 года показано, что у леворуких и амбидекстров мозолистое тело (МТ) имеет большую величину, чем у праворуких. Автор объяснил это выраженным биполушарным представительством когнитивных функций у леворуких и амбидекстров, т.к. у них больше выражены межполушарные связи.

В работе 1989 года Witelson на 50 мозгах у пациентов, которые перед смертью тестировались на их рукость, было показано, что у праворуких мужчин была большая величина МТ, этого не наблюдалось у женщин. Однако были выявлены и определенные особенности МТ у мужчин и женщин. У мужчин передний отдел МТ - rostrum и колено были больше, чем у женщин. А у женщин - был больше задний отдел splenium - именно его перешеек - istmus. Автор связал это с особенностями когнитивных функции и меньшей функциональной асимметрией у женщин.

В работе Witelson и Гольдсмит (1991) при помощи ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) на 120 взрослых - 71-ом мужчине и 49-ти женщинах измерялся абсолютный объем МТ и объем переднего мозга и их соотношение. В таблице авторов указан средний возраст, рост и объем переднего мозга мужчин и женщин. Видно, что у женщин рост и объем переднего мозга меньше, чем у мужчин. Абсолютный объем МТ одинаков, хотя относительный объем МТ к объему переднего мозга у женщин больше, чем у мужчин.

Однако, изучая *in vivo* ЯМР морфологически соотношение величины МТ и объема переднего мозга Steinmetz и др. (1995) не выявили разницы между мужчинами и женщинами. Авторы делают вывод, что морфология *in vivo* не дает значительных результатов и необходимы посмертные морфологические исследования на макро- и микроуровне.

Асимметричное строение Fissurae Sylvii (FS) у мужчин в отличие о женщин показано Abortiz и др. (1992).

Ide и др. (1996) выявили качественные и количественные различия в типах ветвления FS у мужчин и женщин, как слева, так и справа. Sandra Witelson и Debra Kigar (1992), изучив 67 случаев (24-х мужчин и 43-х женщин) в FS выделили 3 сегмента: передний, горизонтальный и вертикальный. Эти авторы показали, что у праворуких мужчин горизонтальный сегмент FS в левом полушарии был значительно длинее, чем у леворуких мужчин и праворуких женщин. Авторы полагают, что анатомия FS показывает функциональную асимметрию у мужчин, чего не обнаружено у женщин.

Allen и Gorski (1991) нашли половые различия в передней комиссуре и Massa intermedia (MI), которая связывает правый и левый таламусы. Так, поверхность MI у женщин оказалась в 2 раза больше, чем у мужчин. Авторы полагают возможную связь выявленных особенностей с когнитивными функциями.

Корковые структуры в правом и левом полушариях мозга у мужчин и женщин описаны как анатомическим методом, так и *in vivo* ЯМР-ом в височной области, а именно в *planum temporale* верхней височной извилины (G. Geschwind и W. Lewitzky, 1968), в лобной и затылочной областях (Bear и др., 1986). Эти авторы отметили более выраженную асимметрию у мужчин, по сравнению с женщинами.

Jakobs и др. (1993) в то же время были найдены более выраженные дендритные разветвления и большая длина дендритов пирамидных клеток в поле Wernicke у женщин, по сравнению с мужчинами. Однако выявленные половые различия имели индивидуальную вариабельность.

K. Amunts, K. Zilles с соавторами (1997 год) получили интересные данные, изучая ЯМР-ом мозг музыкантов-пианистов и струнников, которые с 7-8 лет занимались музыкой. Они показали, что у праворуких музыкантов интрасулькальная длина дорсальной части прецентральной извилины, которая является представителем руки, была выражена и слева, и справа больше, чем у не музыкантов. А в некоторых случаях у музыкантов оно было больше даже справа, чем слева.

Planum temporale - слуховая ассоциативная кора, по данным Sihlaug с соавт., 1995, высвечивалась *in vivo* при ЯМР у музыкантов больше слева. По мнению авторов, это говорит о постнатальных пластических свойствах в ответ на специфическую стимуляцию.

Gur с соавт. (1999) показали некоторые половые особенности, используя ЯМР. У мужчин процентное содержание серого вещества было выше в левом полушарии, по сравнению с правым. У женщин процентное содержание белого вещества симметрично, а объем cerebro-спинальной жидкости был выше справа.

Sandra Witelson, Gleser I.I. и др. (1995 год) изучали слуховую ассоциативную кору, принимающую участие и в речевой функции - поле ТА1 по Экономо - заднюю часть верхней височной извилины - *planum*

temporale у праворуких: 5-ти женщин и 4-х мужчин, средний возраст - 50 лет.

Цитоархитектонически различий в поле ТА1 у мужчин и женщин не обнаружено. Однако выявлены некоторые количественные особенности. Ширина коры, ширина слоев, количество нейронов в 1 мм^2 поверхности коры - N_c у женщин и у мужчин было одинаково, в то время как количество нейронов в единице объема мозгового вещества N_v - на 11% было больше у женщин в слоях II и IV. А в слоях III, V и VI - одинаково у женщин и мужчин. Эти особенности связаны, по мнению авторов, с когнитивными и поведенческими особенностями.

Радиоиммунологически Hausman и др. (2000) показали, что стероиды (а именно прогестерон) способен редуцировать церебральную асимметрию у женщин. При исследовании ЯМР отмечена церебральная активность в миндалине у мужчин во время негативного аффекта (F. Schneider et al., 2000). Gur и др. (2000) найдены более выраженные слева изменения при предъявлении вербальной задачи в нижней теменной области и planum temporale как у мужчин, так и у женщин, но только мужчины показали усиление активности в этих областях при усложнении задач.

Интересный материал по структурно-функциональному диморфизму мозга в аспекте асимметрии у мужчин и женщин обобщила в своей монографии В.Н. Вольф (2001), касающийся главным образом организации речевой функции.

Таким образом, представленные литературные данные о половом диморфизме в аспекте структурной асимметрии показывают особенности морфологической организации мозга у мужчин и женщин. Но следует отметить, что важным фактором при исследовании этого вопроса имеют параметры не только пола, но и возраста и "рукости", а также методические подходы. Необходимы более широкие цитоархитектонические качественные и количественные исследования

структур мозга: полей лобной, височной, нижней теменной и др. областей коры, а также подкорковых и стволовых образований мозга у мужчин и женщин. В лаборатории анатомии и архитектоники мозга НИИ мозга РАМН такие исследования также проводятся. Так, Н.С. Оржеховская (2001) показала, что у мужчин и женщин в разных образованиях фронто-стриарной системы степень активности нейронов (по показателям нейроно-глиальных соотношений) различна. У женщин она выше в поле 47, осуществляющем регуляцию эмоциональных процессов, а у мужчин она превалирует в моторных структурах (в поле 8 и особенно в хвостатом ядре). Нами изучался размер нейронов в базальном ядре Мейнерта (ЯМ) в мозге у мужчин и женщин.

Известно, что ЯМ обеспечивает большую часть холинэргической иннервации новой коры мозга и играет важную роль в процессе обучения и памяти (А. Brokland, 1996 и др.). При поражении ЯМ нарушается его диффузное влияние на кору. Это наблюдается при ряде заболеваний: болезни Альцгеймера, болезни Паркинсона и Дауна, шизофрении и др. (Т. Arendt, 1985 и др.), когда возникает деменция.

В литературе данных о половом диморфизме ядра Мейнерта не найдено. Нами исследовалось ЯМ у 4-х мужчин и 4-х женщин в возрасте от 27 лет до 70 лет на сериях фронтальных срезов мозга, окрашенных крезилвиолетом. На приборе Видеоплан (фирмы Reichert, Австрия) измерялась площадь профильного поля нейронов (по 50 нейронов слева и справа). Изучались мозги: у мужчин - А-247, 29 лет; А-295, 44 года; Аг-18, 56 лет и Ан-3 -59 лет; у женщин - А-1, 27 лет; Аг-32, 33 года; А-236, 33 года и А-300, 70 лет. Средний возраст мужчин - 47 лет, женщин - 41 год.

Показано, что средняя величина площади профильного поля нейронов (S) в ЯМ у мужчин колеблется от $183,44 \pm 45,15$ до $466,9 \pm 148,66$ мкм^2 , у женщин – от $336,47 \pm 165,89$ до $478,4 \pm 23,1$ мкм^2 , т.е. вариабельность величины S у мужчин выражена больше, чем у женщин.

В то же время, у мужчин справа величина S больше, чем слева, а у женщин, наоборот, больше слева, за исключением мозга А-32. Причем у мужчин из 5-ти групп нейронов по величине (сверхмалых, малых, средних, крупных и сверхкрупных) процентное содержание крупных и сверхкрупных нейронов преобладало справа, в то время как у женщин - слева.

У мужчин S в мозге А-247 (29 лет) слева равна $183,44 \pm 45,5$ мкм^2 , справа – $466,9 \pm 148,66$ мкм^2 ; в мозге А-295 (44 лет) слева – $288,33 \pm 157,99$ мкм^2 , справа – $455,13 \pm 158,06$ мкм^2 ; в мозге Аг-18 (56 лет) слева – $305,262 \pm 15,85$ мкм^2 , справа – $414,68 \pm 6,26$ мкм^2 ; в мозге Аг-3 (59 лет) слева – $288,92 \pm 155,85$ мкм^2 , справа – $395,62 \pm 143,18$ мкм^2 (см. таблицу), т.е. во всех 4-х изученных случаях S в ЯМ преобладает справа, в то время как у женщин в 3-х случаях из 4-х S преобладает слева. Так, в мозге А-1 (27 лет) слева S равна $412,66 \pm 116,52$ мкм^2 , справа – $354,26 \pm 99,33$ мкм^2 . В мозге Аг-32 (33 года) S слева равна $419,5 \pm 131,36$ мкм^2 , справа – $323,24 \pm 166,96$ мкм^2 . В мозге А-300 (70 лет) S слева – $470,58 \pm 207,79$, справа – $336,47 \pm 165,89$ мкм^2 (см. таблицу).

Таким образом, наше исследование выявило некоторые половые различия в структурной организации ЯМ и наличие асимметрии в величине нейронов в мозге мужчин и женщин. Причем коэффициент асимметрии был больше у мужчин - 47,6% (правополушарный) и 26,1% - у женщин (левополушарный).

Таким образом, делая вывод из данных литературы и некоторых собственных данных, можно заключить, что у мужчин асимметрия выражена больше, чем у женщин.

Таблица. Площадь профильного поля нейронов ядра Мейнерта.

Мозг мужчин	Слева	Справа
А-247, 29 лет	183,44±45,5	466,9±148,66
А-295, 44 года	288,33±157,99	455,13±158,06
Аг-18, 56 лет	305,262±15,85	414,68±6,26
Ан-3, 59 лет	288,92±155,85	395,62±143,18
Мозг женщин	Слева	Справа
А-1, 27 лет	412,66±116,52	354,26±99,33
Аг-32, 33 года	356,24±17,22	478,47±23,1
А-236, 33 года	419,5±131,36	323,24±166,96
А-300, 70 лет	470,58±207,79	336,47±165,89

Литература

1. *Вольф Н.В.* Половые различия функциональной организации процессов полушарной обработки речевой информации. Ростов-на-Дону, 2000, стр. 238.
2. *Оржеховская Н.С.* Сравнительно-морфологический анализ глио-нейрональных соотношений в некоторых образованиях фронтостриарной системы у мужчин и женщин. В кн: Функциональная нейроморфология. Фундаментальные и прикладные исследования. Минск, 2001, с. 146-147.
3. *Aboitiz F., Scheibel AB, Fischer R.S., Zaidel E.* Fiber composition of the human corpus callosum. Brain res., (1992a), №598, 143--153.

4. *Aboitiz F., Scheibel AB, Fischer R.S., Zaidel E.* Individual differences in brain asymmetries and fiber composition in the human corpus callosum. *Brain res.*, (1992b), №598, p.154-161.
5. *Allen L.S., Hines M., Shryne J.E., Gorski R.A.* Two sexually dimorphic cell groups in the human brain. *J Neurosci.*, 1989, №9, P.497-506.
6. *Allen L.S., Gorski R.A.* Sexual dimorphism of the anterior commissure and massa intermedia of the human brain. *J. Comp. Neurol*, 1991, № 312, p.97-104.
7. *Amunts K., Schlaug G., Jancke L., Steinmentz H., Schleicher A., Dabringhaus A., Zilles K.* Motor cortex and hand motor skills: structural compliance in the human brain. *Human Brain Mapping*, 1997, №5, p.206-215.
8. *Arendt T., Bigl V., Jennsdedt A., Arendt A.* Dendritic reorganisation in the basal forebrain under degenerative conditions of the normal human basal forebrain. *Neuroscience*, 1985; №14; p.1-14.
9. *Bear D., Schiff D., Saver J., Greenbery M., Freeman R.* Quantitative analysis of cerebral asymmetries. Fronto-occipital correlation, sexual dimorphism and association with handedness. *Arch. Neurol.*, 1986, №43, p.598-608.
10. *Brokland A.*, Acetylcholine: a neurotransmitter for learning and memory? In: *Brain Research Reviews*, 1996, №21, p.285-300.
11. *Geschwind N., Levitsky W.* Human brain: left-right asymmetry in temporal speech region. *Science*, 1968, №161, p.186-187.
12. *Gur R.C., Turetsky B.J., Matsui M., Jan M., Bilker W., Hughelt P., Gur R.E.* Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adult: correlation with cognitive performance. *J. Neuroscience*, 1999, №15, p.4065-4072.
13. *Gur R.C., Alsop D., Glahn D., Retty R., Swanson C.Z., Maldjian J.A., Turetsky B.J., Detre J.A., Gur J., Gur R.E.* An fMRI study of sex

- differences in regional activation to a verbal and spatial task. *Brain a. Language*, 2000, №74, p.157-170.
14. *Hausman M., Gunturkun*, Steroid fluctuations modify functional cerebral asymmetries: the hypothesis of progesterone-mediated interhemispheric decoupling. *Neuropsychologia*, 2000, №38, p.1362-74.
 15. *Hofman M.A., Fliers E., Goudsmit E., Swaab D.F.*, Morphometric analysis of the suprachiasmatic and paraventricular nuclei in the human brain: sex differences and age-dependent changes. *J. Anat.*, 1988, №160, p.127-143.
 16. *Hofman M.A., D.F.Swaab*. The sexually dimorphic nucleus of the preoptic area in the human brain: a comparative morphometric study. *J.Anat.*, 1985, №164, p.55-72.
 17. *Jacobs B., Schall M., Scheibel A.B.* A quantitative dendritic analysis of Wernicke's area in humans. *J.Comp. Neurol.*, 1993, 3327., p.97-111.
 18. *Ide A., Rodziguez E., Zeidel E., Aboitiz F.* Bifurcation patterns in the human Sylvian fissure: hemispheric and sex differences. *Cerebral Cortex Sep/Oct*, 1996, №6, p.717-725.
 19. *Schlaug G., Jancke L., Huang G., Staiger J., Steinmetz H.* Increased corpus callosum size in musicians. *Brain Res.* 1976, v.109, №1, p.152-157.
 20. *Schneider F., Habel U., Kesslerch., Salloum J.B., Posse S.* Gender differences in regional cerebral activity during sadness. *Human Brain Mapping*, 2000, №9; p.1-13.
 21. *Steinmetz H., Staiger J., Schlaug G., Huang G., Jancke L.* Corpus callosum and brain volume in women and men. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology. Neuro Report*, 1995, №6, p.1002-1004.

22. *Supprian T., Kalus P.* Sexueller dimorphismus des menschlichen gehirneine literaturubersicht. Fortschritte der neurologie. Psychiatrie, 1996, №64.
23. *Swaab D.F., Fliers E.* Asexually dimorphic nucleus in the human brain. Science, 1985, №228, p.1112-1115.
24. *Swaab D.F., Hoffman M.A.* An enlarged suprachiasmatic nucleus in homosexual men. Brain Res., 1990, №537, p.141-148.
25. *Witelson S.F.* The brain connection the corpus callosum is larger in left-handers. Science, 1985, №229, p.665-668.
26. *Witelson S.F.* Hand and sex differences in the isthmus and genu of the human corpus callosum. Brain 1989, №112, p.799-835.
27. *Witelson S.F., Kigar D.L.* Sylvian fissure morphology and asymmetry in men and women: bilateral differences in relation to handedness in men. J.Comp. Neurol, 1992, №323, p. 326-340.
28. *Witelson S.F., Gleser J.J., Kigar D.L.,* Women have greater density of neurons in posterior temporal cortex. J. of Neuroscience, May, 1995, v.15, №5, p.3418-3428.