

© И. Н. Боголепова, А. Д. Антюхов, 2015
УДК 611.813-055

И. Н. Боголепова, А. Д. Антюхов

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БАЗОЛАТЕРАЛЬНОГО ЯДРА МИНДАЛЕВИДНОГО ТЕЛА МОЗГА У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

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

С помощью морфометрического метода проведено изучение площадей профильного поля нейронов, плотности расположения нейронов и глиоцитов базолатерального ядра миндалевидного тела в левом и правом полушариях мозга у 6 мужчин и 6 женщин в возрасте от 19 до 55 лет. У женщин обнаружена тенденция к асимметрии величин изучаемых показателей, которые преобладали в левом полушарии. В группе мужчин обнаружена противоположная тенденция к асимметрии исследуемых показателей: более высокие их величины отмечены в правом полушарии.

Ключевые слова: *головной мозг, межполушарная асимметрия, половой диморфизм*

Проблемы межполушарной асимметрии и половых различий мозга являются одними из ведущих и актуальных в современной науке о мозге. Со времён Брока (P. Broca) и Вернике (K. Wernicke) были получены неопровержимые факты о локализации речевых функций в области левого полушария [1, 8, 12]. Клинические, физиологические, психологические исследования высшей нервной деятельности человека позволили показать особенности участия правого и левого полушарий мозга в формировании поведения человека. Левое полушарие в настоящее время рассматривается как «вербальное», «логическое» и «аналитическое», в то время как с правым полушарием связаны художественные, музыкальные, поэтические способности человека, а также ориентация в пространстве [10]. Большой интерес представляют современные исследования, показывающие различную степень участия полушарий мозга в формировании положительных и отрицательных эмоций у человека [7, 11].

В связи со сказанным выше представляет интерес изучение структурной организации формаций мозга человека в левом и правом полушариях.

Цель настоящей работы — исследование цитоархитектоники миндалевидного тела (МТ) в левом и правом полушариях мозга у мужчин и женщин и, в частности, строения его базолатерального ядра.

Материал и методы. Изучены срезы мозга 6 женщин и 6 мужчин (24 полушария) в возрасте от 19 до 55 лет.

Материал получен из коллекции лаборатории анатомии и архитектоники мозга Научного центра неврологии РАМН. При поступлении каждый мозг фиксировали в 10% растворе формалина, обезжизняли в этаноле восходящей концентрации от 60% до абсолютного, после чего помещали в хлороформ. Затем с помощью макротомы каждое полушарие разрезали на равные блоки, которые заливали в парафин. Изготавливали фронтальные срезы толщиной 20 мкм, которые окрашивали крезоловым фиолетовым по методу Ниссля. Для морфометрических исследований отбирали каждый 40-й срез.

В базолатеральном ядре МТ мозга исследовали: величину профильного поля нейронов, распределение нейронов по размерным классам, плотность расположения нейронов и всех видов глиоцитов. При этом выбирали нейроны, имевшие хорошо выраженные ядро, ядрышко и клеточный контур, а также ядра глиоцитов без визуальных повреждений. Объем выборки в базолатеральном ядре МТ мозга у мужчин и женщин в каждом полушарии составил 200 нейронов для определения величины профильных полей и 50 полей зрения для измерения плотности расположения нейронов и глиоцитов. В зависимости от протяженности изучаемого ядра МТ в полушарии для его структурного исследования отбирали от 5 до 7 срезов. Плотность расположения нейронов и глиоцитов в 0,001 мм³ рассчитывали по формуле: $K \times X$, где K — постоянный коэффициент 2,3, рассчитанный с учётом толщины среза (20 мкм) и площади поля зрения (170×129 — соответственно длина и высота рамки считывания, мкм), а X — среднее число нейронов или ядер глиоцитов в одном поле зрения (об. 100, ок. 10).

Полученный пул 200 нейронов в соответствии с их размером в каждом полушарии мозга был разделён на 5 классов: сверхмелкие (меньше 70 мкм²), мелкие (больше 70 мкм² — меньше 140 мкм²), средние (больше 140 мкм² — меньше 210 мкм²), крупные (больше 210 мкм² — меньше 280 мкм²)

Сведения об авторах:

Боголепова Ирина Николаевна (e-mail: bogolepovaira@gmail.com), Антюхов Андрей Дмитриевич (e-mail: discus7m@mail.ru), лаборатория анатомии и архитектоники мозга, Научный центр неврологии РАМН, 104064, Москва, пер. Обуха, 5

и сверхкрупные (больше 280 мкм²). Значение межинтервального шага (70 мкм²) было получено в результате измерений профильного поля 38 400 нейронов 8 формаций, включая базолатеральное ядро МТ мозга 6 мужчин и 6 женщин по формуле: $S_{max} - S_{min} / 5$, где S_{max} — площадь профильного поля самого крупного из нейронов всей выборки; S_{min} — площадь профильного поля самого мелкого нейрона всей выборки. Измерение морфометрических показателей проводили при помощи оптико-электронного морфометрического комплекса «ДиаМорф» (Россия).

Статистическую обработку полученных количественных данных проводили с помощью программы «Statistica 6.0». Выполненный тест (Шапиро—Уилка) на нормальность распределения всех изучаемых количественных признаков показал, что в каждом из них находятся выборки с распределением, отличающимся от нормального. Исходя из этого, для статистической обработки был выбран непараметрический метод: критерий Вилкоксона — для сравнения зависимых групп выборок и критерий Манна—Уитни (U-тест) — для сравнения независимых групп [2]. Во всех случаях проверялась нулевая гипотеза об отсутствии отличий между выборками при уровне статистической значимости $P \leq 0,01$.

Результаты исследования. Выявлено, что средняя величина профильного поля нейронов базолатерального ядра МТ в левом полушарии мозга у женщин равняется 226 мкм², в правом — 196 мкм². Совершенно другие данные были получены при изучении этого ядра у мужчин, у которых средняя величина профильного поля нейронов в правом полушарии мозга равнялась 215 мкм² и была намного выше, чем в левом полушарии — 201 мкм². Сравнительный анализ показателей данного признака у мужчин и женщин (U-тест) выявил статистически значимо ($P < 0,001$) бóльшие размеры профильных полей нейронов в левом полушарии мозга у женщин и в

правом полушарии мозга у мужчин по сравнению с аналогичными нейронами в правом полушарии мозга у женщин (рис. 1).

Различия в строении базолатерального ядра МТ в левом и правом полушариях мозга у мужчин и женщин были обнаружены и при изучении распределения нейронов различных классов по их размеру. Так, выявлено, что в левом полушарии мозга у женщин относительное содержание сверхкрупных нейронов было в 2 раза меньше, а крупных нейронов — в 1,3 раза больше, чем в правом полушарии (рис. 2, а, б).

В группе мужчин была обнаружена совершенно другая картина. Относительное содержание крупных нейронов в правом полушарии мозга у них было значительно больше, чем в левом (см. рис. 2, в, г). Относительное содержание средних и мелких нейронов в левом и правом полушариях мозга у мужчин и женщин тоже было совершенно иным. Так, в левом полушарии мозга у женщин относительное содержание нейронов базолатерального ядра МТ среднего и малого размера было намного меньше, чем в правом (см. рис. 2, а, б). У мужчин, наоборот, наблюдалось значительно большее относительное содержание средних и мелких нейронов в левом полушарии, чем в правом (см. рис. 2, в, г).

Проведённое исследование плотности расположения нейронов базолатерального ядра МТ в левом и правом полушариях мозга выявило тенденцию межполовых различий. Изучение плотности расположения всех видов глиоцитов показало большую разницу в строении исследуемого ядра МТ мозга у мужчин и женщин. Так, в левом

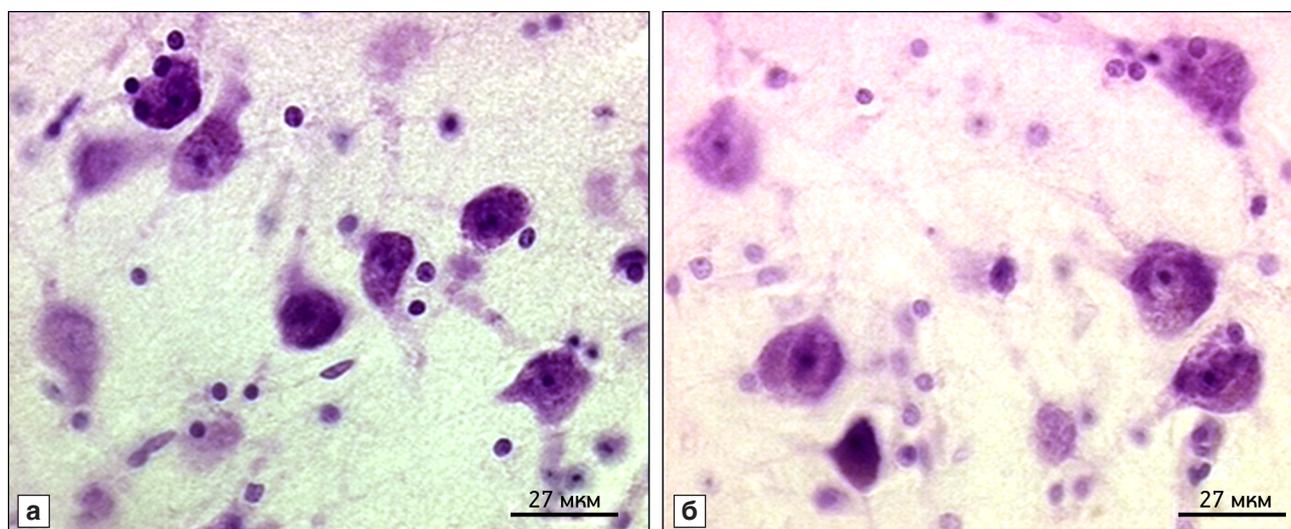


Рис. 1. Нейроны базолатерального ядра миндалевидного тела в правом полушарии мозга у женщин (а) и мужчин (б).
Окраска крезиловым фиолетовым

полушарии у женщин средняя плотность расположения глиоцитов достигала 101 в $0,001 \text{ мм}^3$, в то время как в правом полушарии — только 94. У мужчин наблюдали противоположную тенденцию: плотность расположения глиоцитов изучаемого ядра МТ была выше в правом полушарии мозга и равнялась в нём 90 глиоцитам в $0,001 \text{ мм}^3$, в то время как в левом полушарии — 82 глиоцита. Кроме этого, было обнаружено, что плотность расположения глиоцитов в базолатеральном ядре МТ в левом полушарии мозга у женщин статистически значимо выше, чем у мужчин (рис. 3).

Обсуждение полученных данных. В результате настоящего исследования было установлено, что по ряду цитоархитектонических признаков, таких как: величина профильного поля нейронов, нейронный состав, плотность расположения всех глиоцитов для мозга женщин характерна асимметрия базолатерального ядра МТ с преобладанием величин изученных показателей в левом полушарии. В группе мужчин по тем же параметрам также была выявлена асимметрия, однако у них перечисленные показатели были значительно выше в правом полушарии мозга, чем в левом. Возможно, это коррелирует с функциональными особенностями этого ядра [6] и особенностями функционирования мозга у мужчин и женщин. Известно, что базолатеральное ядро является одним из ведущих ядер МТ, которое, входя в состав лимбической системы мозга, принимает участие в формировании эмоционального поведения у мужчин и женщин. Есть данные [9], что мозг у мужчин и женщин совершенно по-разному отвечает на одни и те же эмоциональные события. В частности, у мужчин в ответ на последние возникает предпочтительная активация МТ правого полушария мозга, в то время как у женщин включаются структуры левого полушария [3–5].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что структурная организация базолатерального ядра МТ в левом и правом полушариях мозга различна у мужчин и женщин. Выявленные особенности межполушарной асимметрии в данном ядре, возможно, коррелируют с особенностями функциональной активации мозга у мужчин и

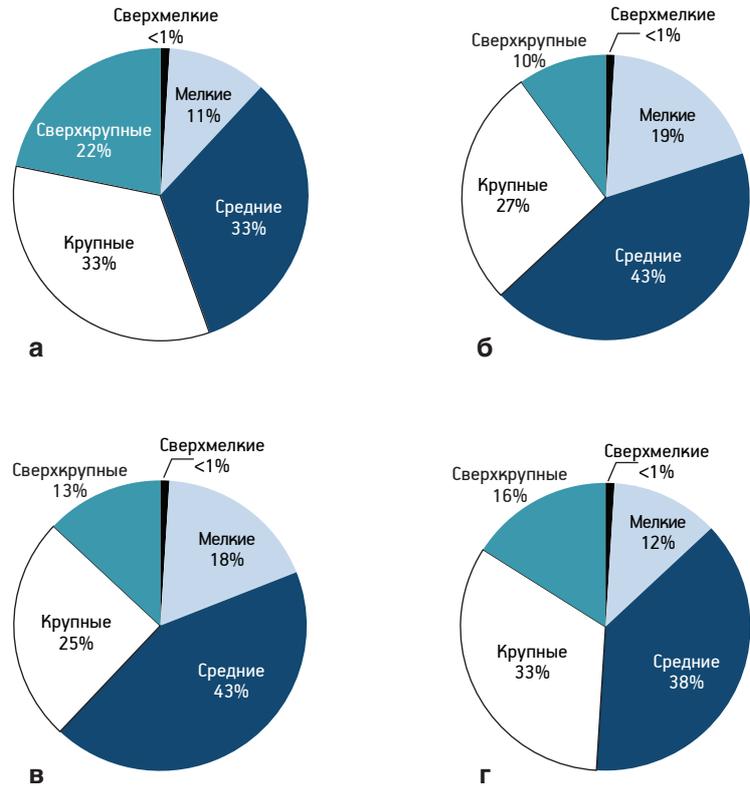


Рис. 2. Распределение нейронов в соответствии с их размерными классами в базолатеральном ядре миндалевидного тела у женщин (а, б) и мужчин (в, г) в левом (а, в) и правом (б, г) полушариях мозга

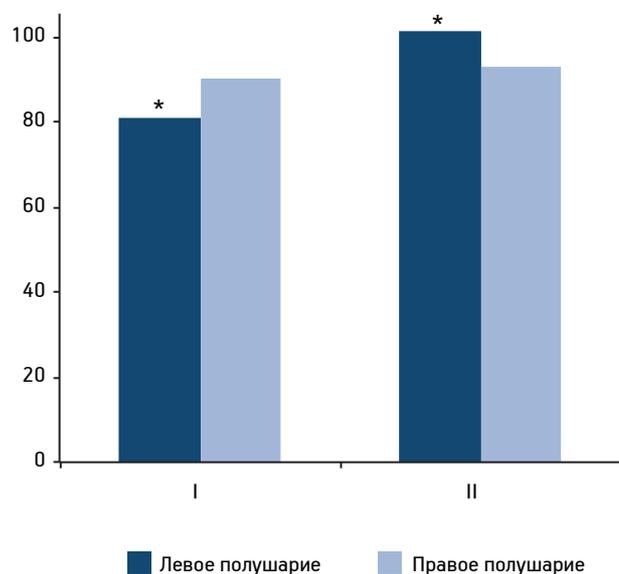


Рис. 3. Плотность расположения всех глиоцитов в базолатеральном ядре миндалевидного тела в правом и левом полушариях мозга.

По оси абсцисс — I — у мужчин; II — у женщин; по оси ординат — среднее количество глиоцитов (в $0,001 \text{ мм}^3$). Звездочки — различия значимы при $P \leq 0,01$

женщин при различных негативных ситуациях в жизни и, вероятно, определяют формирующиеся

в ответ на них различающиеся эмоциональные и поведенческие реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Уилингс Х.Б.М. Структурная асимметрия корковых полей 44 и 45 мозга новорожденных детей // Морфология. 1998. Т. 113, вып. 1. С. 33–37.
2. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: МедиаСфера, 2006.
3. Cahill L., Haier R.J., White N.S. Sex-related difference in amygdala activity during emotionally influenced memory storage // *Neurobiol. Learn. Mem.* 2001. Vol. 75. P. 1–9.
4. Cahill L., Uncapher V., Kilpatrick L. et al. Sex related hemispheric lateralization of amygdala function in emotionally influenced memory: an fMRI investigation // *Learn. Mem.* 2004. Vol. 11. P. 261–266.
5. Canli T., Desmond J., Zhao Z., Gabrieli J.D.E. Sex differences in the neural basis of emotional memories // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2002. Vol. 99. P. 10789–10794.
6. Etkin A., Klemenhagen K.C., Dudman J.T. et al. Individual Differences in Trait Anxiety Predict the Response of the Basolateral Amygdala to Unconsciously Processed Fearful Faces // *Neuron.* 2004. Vol. 44. P. 1043–1055.
7. Gazzaniga M.S. Cerebral specialization and interhemispheric communication. Does the corpus callosum enable the human condition // *Brain.* 2000. Vol. 123 (Pt. 7). P. 1293–1326.
8. Horwitz B., Amunts K., Bhattacharyya R. et al. Activation of Broca's area during the production of spoken and signed language: a combined cytoarchitectonic mapping and PET analysis // *Neuropsychologia.* 2003. Vol. 41. P. 1868–1876.
9. Mackiewicz K.L., Sarinopoulos I., Cleven K.L., Nitschke J.B. The effect of anticipation and the specificity of sex differences for amygdala and hippocampus function in emotional memory // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2006. Vol. 103. P. 14200–14205.
10. McGilchrist I. Reciprocal organization of the cerebral hemispheres // *Dialogues Clin. Neurosci.* 2010. Vol. 12. P. 503–515.
11. Phillips M.L., Medford N., Young A.W. et al. Time courses of left and right amygdalar responses to fearful facial expressions // *Hum. Brain Mapp.* 2001. Vol. 12. P. 193–202.
12. Uylings H.B.M., Malofeeva L.I., Bogolepova I.N. et al. Broca's language area from a neuroanatomical and developmental perspective // *Neurocognition of Language Processing.* 1999. Oxford: Oxford University Press, 1999. P. 319–336.

Поступила в редакцию 14.04.2014

Получена после доработки 18.12.2014

PECULIARITIES OF STRUCTURAL ORGANIZATION OF AMYGDALA BASOLATERAL NUCLEUS IN THE BRAIN OF MEN AND WOMEN

I.N. Bogolepova, A.D. Antiukhov

Using the morphometric method, neuron profile field areas and the density of neurons and gliocytes were measured in amygdala basolateral nucleus in left and right hemispheres of the brain in 6 men and 6 women aged 19 to 55 years. Women showed a tendency towards hemispheric asymmetry of the indices studied with their greater values found in left hemisphere. In the group of men, the opposite tendency to hemispheric asymmetry was found: greater values of the indices studied were detected in right hemisphere.

Key words: *brain, hemispheric asymmetry, sexual dimorphism*
Laboratory of Brain Anatomy and Architectonics, RAS Research Center of Neurology, Moscow