



Анализ морфометрических параметров в ядрах переднего отдела миндалевидного комплекса мозга с учетом гендерных особенностей

И.Р. Гарипова, З.Р. Хисматуллина

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа

Контактная информация: Гарипова Ирина Ринатовна, owl66680@mail.ru

Половой диморфизм мозга указывает на морфологические различия особей. Миндалевидный комплекс (МК) мозга является одной из зон полового диморфизма. Двусторонние связи МК с гипоталамусом обеспечивают его участие в процессах полового созревания и регуляции деятельности гонад, что позволяет рассматривать данную область в качестве звена репродуктивной системы организма с расположенными на ее территории нейроэндокринными центрами, способными регулировать секрецию гонадотропинов и половое поведение. На территории переднего отдела МК зоны полового диморфизма представлены передней амигдаллярной областью (ААА), передним кортикальным (СОа) и центральным (СЕ) ядрами, обладающими способностью регулировать секрецию гонадотропинов и половое поведение.

Ключевые слова: половой диморфизм, миндалевидный комплекс, нейроно-глиальный индекс, нейроэндокринный центр.

Введение

Согласно концепции о половой детерминации SRY-гена (sex-determining region of the Y chromosome), через прямое действие тестостерона на нервные клетки мозг плода развивается по мужскому типу, либо по женскому – при отсутствии данного гормона. Иными словами, гендерная принадлежность программируется в структурах головного мозга во время внутриутробного развития [1, 4]. Половой диморфизм в структуре человеческого мозга на основании данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) указывает на морфо-

логические, когнитивные и поведенческие различия между мужчинами и женщинами [5, 6]. Кроме общих различий в объеме мозга, существует разница и в конкретных его областях. Участки мозга, в которых детально представлены различия по фактору пола, представлены, в частности, гипоталамусом, базальными ганглиями, гиппокампом и миндалевидным комплексом (амигдалой) [2, 3]. Двусторонние связи миндалевидного комплекса (МК) мозга с преоптической областью и гипоталамусом обеспечивают его участие в процессах полового созревания и регуляции деятельности

гонад [7], что позволяет рассматривать МК в качестве звена репродуктивной системы организма. На территории МК существует два нейроэндокринных центра, расположенных в его переднем и заднем отделах и способных регулировать секрецию гонадотропинов и половое поведение. В переднем отделе МК нейроэндокринный центр представлен передней амигдаларной областью (ААА), передним кортикальным (СОа) и центральным (СЕ) ядрами.

Целью данной работы являлся анализ корреляции фактора пола и морфометрических показателей передней амигдаларной области, переднего кортикального и центрального ядер МК на примере мозга крыс линии WAG/Rij.

Материалы и методы

Исследование выполнено на половозрелых самцах (n=25) и самках (n=28) крыс линии WAG/Rij массой 300-330 г. Все животные содержались в виварии кафедры физиологии человека и зоологии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет» при свободном доступе к пище и воде и с длительностью освещения 14 ч. Материал для исследования брали путем декапитации наркотизированных эфиром животных и окрашивали кре-

зиловым фиолетовым. Основными параметрами при изучении данных срезов являлись удельная площадь ядер, а также соотношение нейронов и клеток глии данных областей на роstralном и каудальном уровнях переднего отдела МК мозга крыс. Определение площади проводили в программе Universal Desktop Ruler («AVP Soft», США) в мм² с дальнейшим вычислением удельной площади структур. Подсчет нейронов и клеток глии в ядрах переднего отдела МК проводили с помощью световой микроскопии.

Статистическую обработку и анализ данных проводили в программном пакете Statistica 5.0 («Statsoft Inc.», США) на основании данных удельной площади и количества клеток в исследуемых областях МК. Значимость различий между самцами и самками определялась критерием Стьюдента. Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований

При сравнении полученных данных в исследуемых ядрах стало очевидно, что значения удельной площади в переднем кортикальном ядре у самцов крыс выше, чем у самок – и на роstralном (самцы – $9,95 \pm 0,34$; самки – $9,06 \pm 0,32$), и на каудальном (самцы – $15,28 \pm 0,43$; самки – $14,77 \pm 0,23$) уровнях (табл. 1).

Таблица 1
Удельная площадь ядер переднего отдела МК крыс WAG/Rij (%)

Область МК		Самцы	Самки	P
Роstralный уровень	СОа	$9,95 \pm 0,34$	$9,06 \pm 0,32$	$\leq 0,01$
	ААА	$7,42 \pm 0,60$	$8,12 \pm 0,32$	$\leq 0,05$
	СЕ	$4,11 \pm 0,32$	$4,22 \pm 0,12$	$\geq 0,05$
Каудальный уровень	СОа	$15,28 \pm 0,43$	$14,77 \pm 0,23$	$\leq 0,05$
	СЕ	$6,20 \pm 0,33$	$6,45 \pm 0,55$	$\geq 0,05$

Удельная площадь передней амигдаларной области у самцов ($7,42 \pm 0,60$) меньше, чем у самок крыс ($8,12 \pm 0,32$). В центральном ядре удельная площадь у самок крыс также больше по сравнению с самцами – как на роstralном (самцы – $4,11 \pm 0,32$; самки – $4,22 \pm 0,12$), так и на каудальном (самцы – $6,20 \pm 0,33$; самки – $6,45 \pm 0,55$) уровнях. Полученные данные, несомненно, говорят о влиянии фактора пола на морфометрические показатели ядер переднего отдела МК.

Анализируя влияние гендерной принадлежности на количество нейронов и клеток глии, учитывались и параметры их количественного соотношения. Количество нейронов в густоклеточной зоне переднего кортикального ядра у самцов крыс оказалось достоверно больше, чем у самок ($15,72 \pm 0,18$ и $13,62 \pm 0,15$ соответственно). Количественные показатели в передней амигдаларной области

отражают также достоверно большее количество нейронов (самцы – $11,22 \pm 0,22$; самки – $11,10 \pm 0,12$) и клеток глии (самцы – $20,82 \pm 0,25$; самки – $20,04 \pm 0,16$), в т.ч., и сателлитной (самцы – $3,28 \pm 0,34$; самки – $2,04 \pm 0,13$), у самцов крыс. В центральном ядре переднего отдела МК распределение клеток аналогичное и свидетельствует о большем количестве нейронов ($11,54 \pm 0,34$), клеток глии ($21,18 \pm 0,25$) и сателлитной глии ($2,66 \pm 0,37$) у самцов крыс по сравнению с самками (нейроны – $11,11 \pm 0,14$, клетки глии – $20,86 \pm 0,15$, сателлитная глиа – $2,30 \pm 0,17$, нейроно-глиальный индекс – $2,10 \pm 0,02$) (табл. 2).

Обсуждение результатов

Полученные результаты по удельным площадям изученных структур МК количественного соотношения нейронов и клеток глии свидетельст-

Таблица 2
Нейроно-глиальное соотношение ядер переднего отдела МК

Ядро	Клетки	Самцы	Самки	P
СОа (густоклеточная зона)	Нейроны	$15,72 \pm 0,18$	$13,62 \pm 0,15$	$\leq 0,01$
	Клетки глии	$20,34 \pm 0,21$	$20,86 \pm 0,18$	$\geq 0,05$
	Сателлитная глиа	$3,60 \pm 0,33$	$2,26 \pm 0,19$	$\leq 0,05$
	Нейроно-глиальный индекс	$1,55 \pm 0,04$	$1,71 \pm 0,02$	$\leq 0,05$
ААА	Нейроны	$11,22 \pm 0,22$	$11,10 \pm 0,12$	$\geq 0,05$
	Клетки глии	$20,82 \pm 0,25$	$20,04 \pm 0,16$	$\geq 0,05$
	Сателлитная глиа	$3,28 \pm 0,34$	$2,04 \pm 0,13$	$\leq 0,05$
	Нейроно-глиальный индекс	$2,19 \pm 0,06$	$2,00 \pm 0,01$	$\leq 0,01$
СЕ	Нейроны	$11,54 \pm 0,34$	$11,11 \pm 0,14$	$\geq 0,05$
	Клетки глии	$21,18 \pm 0,25$	$20,86 \pm 0,15$	$\geq 0,05$
	Сателлитная глиа	$2,66 \pm 0,37$	$2,30 \pm 0,17$	$\geq 0,05$
	Нейроно-глиальный индекс	$2,57 \pm 0,40$	$2,10 \pm 0,02$	$\geq 0,05$

вуют о влиянии фактора пола на структуру передней амигдаллярной области, переднего кортикального и центрального ядер самцов и самок крыс. Удельная площадь СОа на роstralном и каудальном уровнях самцов крыс достоверно больше по сравнению с самками, тогда как в ААА и СЕ удельная площадь больше у самок.

Расчет нейроно-глиального индекса в исследуемых ядрах переднего отдела МК мозга крыс линии WAG/Rij также выявил различия: количество нейронов и клеток глии в передней амигдаллярной области, переднем кортикальном и центральном ядрах больше у самцов крыс по сравнению с самками.

Выводы

Таким образом, нами выявлены различия по удельным площадям и нейроглиальным соотношениям в структурах МК мозга, относящихся к репродуктивным центрам амигдалы, с учетом фактора пола.

Список литературы

1. *Акмаев И.Г., Калимуллина Л.Б.* Миндалевидный комплекс: функциональная морфология и нейроэндокринология. - М.: Наука. 1993. 270 с.
2. *Häfner H.* Gender differences in schizophrenia // *Psychoneuroendocrinology*. 2003. No. 28(2). P. 17-54.
3. *Kessler R.C., Berglund P., Demler O., Jin R., Merikangas K.R., Walters E.E.* Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Archives of General Psychiatry*. 2005. No. 62(6). P. 593-602.
4. *Savic I., Garcia-Falgueras A., Swaab D. F.* Sexual differentiation of the human brain in relation to gender identity and sexual orientation // *Prog. brain. res.* 2010. No. 186. P. 41-62.
5. *Wallentin M.* Putative sex differences in verbal abilities and language cortex: a critical review // *Brain Lang.* 2009. No. 108. P. 175-183.
6. *Whittle S., Yucel M., Yap M.B., Allen N.B.* Sex differences in the neural correlates of emotion: Evidence from neuroimaging // *Biol. Psychol.* 2011. No. 87. P. 319-333.
7. *Yokosuka M., Okamura H., Hayashi.* Postnatal development and sex difference in neurons containing estrogen receptor – alpha immunoreactivity in the preoptic brain, the diencephalon and the amygdala in the rat. // *J. Comp. Neurol.* 1997. Vol. 389. No. 3. P. 81-93.

Analysis of morphometric parameters in the nuclei of the anterior amygdala complex account with gender specific

I.R. Garipova, Z.R. Khismatullina

The brain sexual dimorphism indicates the morphological differences between individuals. Amygdala complex (МК) of the brain is one of the areas of sexual dimorphism. Bilateral relations of the МК with the hypothalamus ensure its participation in the processes of puberty and the regulation of the gonads, that allows considering this area as a link in the reproductive system of the organism is located on its territory neuroendocrine centers, which is able to regulate the secretion of gonadotropins and sexual behavior. On the territory of the anterior part of the МК zone of sexual dimorphism presented by the front amygdalar area (ААА), front cortical (СОА) and Central (СЕ) nuclei, having the ability to regulate the secretion of gonadotropins and sexual behavior.

Key words: sexual dimorphism, amygdale, neuronal-gliial index, neuroendocrine center.