

УДК 611.813.1–055

МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ ПЛОТНОСТИ НЕЙРОНОВ КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ И БАЗОЛАТЕРАЛЬНОГО ЯДРА АМИГДАЛЯРНОГО КОМПЛЕКСА МОЗГА МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

Агапов П.А., Антюхов А.Д., Боголепова И.Н.

ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН, Москва, e-mail: pavelscn@yandex.ru

С использованием морфометрического метода, на сериях тотальных фронтальных срезов левого и правого полушарий мозга пяти мужчин и пяти женщин (20 полушарий), умерших в возрасте от 19 до 59 лет, не страдавших психическими и неврологическими заболеваниями, исследовались межполушарные особенности строения цитоархитектонических слоёв III³ и V коры поля 7 верхней теменной области и базолатерального ядра амигдаларного комплекса. Выявлена симметричность межполушарного распределения показателей плотности нейронов и плотности нейронов, окружённых сателлитной глией, в слое V коры поля 7 и в базолатеральном ядре амигдаларного комплекса мозга, а также найдены признаки разнонаправленной межполушарной асимметрии исследованных структурных признаков в слое III³ коры поля 7 мозга мужчин и женщин.

Ключевые слова: асимметрия, верхняя теменная область, поле 7, плотность, нейрон, гендерные различия, мозг

HEMISPHERIC ASYMMETRY OF CORTICAL NEURONS DENSITY AREA 7 SUPERIOR PARIETAL AREAS AND NUCLEUS BASOLATERAL AMYGDALOID COMPLEX BRAIN OF MEN AND WOMEN

Agapov P.A., Antyuchov A.D., Bogolepova I.N.

Research Center of Neurology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, e-mail: pavelscn@yandex.ru

Using morphometric method, on lots of total frontal slices of the left and right brain hemispheres of five men and five women (20 hemispheres), died at the age of 19 to 59 years, not having of mental and neurological diseases studied interhemispheric structural features cytoarchitectonic layers III³ and V cortex area 7 of the superior parietal region and basolateral amygdaloid nucleus. Spotted hemispheric symmetry distribution densities of neurons and neuronal density, surrounded by satellite glia in layer V of the cortex of the area 7 and in the basolateral amygdaloid nucleus of brain, moreover found signs of multidirectional hemispheric asymmetry studied structural features in layer III³ of the cortex of the brain area 7 at men and women.

Keywords: asymmetry, superior parietal region, area 7, basolateral nucleus of amygdala, gender differences, neuron, brain

В современной литературе уделяется большое внимание изучению особенностей строения левого и правого полушарий мозга человека, отвечающих за разные когнитивные функции. Наше исследование направлено на выявление различий ведущих морфологических признаков межполушарной асимметрии поля 7 коры верхней теменной области и базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга человека. В последние годы резко повысился интерес к функциональной оценке и строению коры и подкорковых образований мозга человека, а также к изменениям нервной системы, возникающих вследствие развития различных заболеваний [4, 7, 8].

Поле 7 верхней теменной области играет немаловажную роль в организации высшей психической деятельности. Оно участвует в познавательных задачах, требующих мысленной обработки двигательных образов, визуальном контроле движений, принимает участие в формировании эпизодической памяти, в дедуктивном рассуждении и участвует в непрерывном сборе информации о внешнем мире и сопоставлении себя с внешним миром [11, 12, 14].

Амигдаларный комплекс мозга человека расположен вблизи медиальной поверхности височной доли в глубине парагиппокампальной извилины и представляет собой неоднородную в гистологическом [2] и филогенетическом [15] отношениях подкорковую формацию мозга. Амигдаларный комплекс является частью лимбической системы и связан со многими формациями ствола и больших полушарий мозга [13]. Одним из акцептов сигналов, поступающих из амигдаларного комплекса в вышележащие корковые структуры является и поле 7 верхней теменной области. Данная связь осуществляется через базолатеральное ядро [10].

Базолатеральное ядро является одним из наиболее крупных ядер амигдаларного комплекса мозга человека, оно входит в состав филогенетически более молодой базолатеральной группы ядер и располагается в её середине между латеральным и базомедиальными ядрами. Базолатеральное ядро имеет реципрокные связи практически со всеми другими ядрами амигдаларного комплекса мозга [15] и в этой связи особенно важно отметить его аффекторную связь с латеральным ядром, которое является как

бы входными воротами для поступающей в амигдаларный комплекс сенсорной информации различной модальности, и эффекторную связь с центральным ядром, нейроны которого посылают проекции в выше- и нижележащие структуры мозга. Таким образом, можно предположить, что базолатеральное ядро амигдаларного комплекса является не только проводниковой зоной сигналов, полученных от нейронов латерального ядра, но и непосредственно участвует в их обработке.

Цель – проанализировать межполушарные взаимоотношения плотности нейронов слоев III³ и V коры поля 7 верхней теменной области и базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин.

Материалы и методы исследования

Подсчет плотности нейронов в слоях III³ и V коры поля 7 верхней теменной области и базолатеральном ядре амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин проводился на сериях фронтальных парафиновых срезов левого и правого полушарий мозга толщиной 20 мкм, окрашенных крезилем фиолетовым по методу Ниссля, на комплексе электронно-оптического анализа изображений «ДиаМорф» (под объективом $\times 100$) визуальным, с фиксацией количественных показателей ручным способом в программе для гистологических подсчетов «Универсальный гистологический счетчик» Ярославской государственной медицинской академии. Исследованы образцы мозга 5 мужчин и 5 женщин, умерших в возрасте от 20 до 60 лет, не страдавших психическими и неврологическими заболеваниями, причина смерти которых являлась следствием какой-либо соматической патологии или несчастного случая.

В слоях III³ и V коры поля 7 верхней теменной области и базолатеральном ядре амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин учитывались сохраненные нейроны, имеющие ядро и ядрышко. Подсчет плотности нейронов проводился в 30 полях зрения на 5 гистологических препаратах каждого из полушарий мозга. Участок коры, в котором проводились измерения, во всех случаях располагался на вершине извилины в центре медиальной поверхности цитоархитектонического поля 7. Выбранные срезы проходили продольно вертикальной оси извилины, кора имела выраженную радиарную исчерченность. После завершения подсчетов производился пересчет плотности нейронов на 0,001 мм³ вещества мозга.

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 8.0. О различиях в морфометрических показателях мозга мужчин и женщин и межполушарной асимметрии судили по критерию Манна-Уитни [6], применяемому для сравнения независимых выборок, выявленные различия считали достоверными при уровне статистической значимости равном 0,05 и меньше.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ плотности пирамидных нейронов в слое III³ поля 7 коры мозга мужчин межполушарной асимметрии не обнару-

жил ($p = 0,524$). Их плотность составила $27,8 \pm 7,1$ нейронов в правом полушарии и $27,2 \pm 7,4$ нейронов в левом полушарии в 0,001 мм³, значение плотности пирамидных нейронов, окруженных сателлитной глией, в левом и правом полушариях было сходным ($p = 0,765$) – $12,9 \pm 4,6$ справа и $13,2 \pm 5,4$ слева.

Аналогичным образом распределялась плотность пирамидных нейронов слоя III³ поля 7 левого и правого полушария мозга женщин: число пирамидных нейронов в левом ($26,2 \pm 6,3$) и правом ($26,54 \pm 5,9$) полушарии было практически одинаковым ($p = 0,511$), количество пирамидных нейронов, окруженных сателлитной глией, слева ($12,9 \pm 4,0$) и справа ($12,6 \pm 4,5$) статистически ($p = 0,186$) не различалось.

По аналогичным показателям в слое V у мужчин обнаружена значимая ($p = 0,025$) правополушарная асимметрия ($29,21 \pm 7,7$ справа, $27,3 \pm 8,0$ слева), а у женщин, наоборот, плотность пирамидных нейронов в 0,001 мм³ была статистически достоверно ($p = 0,017$) выше в левом полушарии, составляя при этом $29,0 \pm 7,4$ слева и $27,2 \pm 7,3$ нейронов справа.

Плотность пирамидных нейронов, окруженных сателлитной глией слоя V, у мужчин также значимо ($p = 0,030$) больше в правом полушарии ($12,7 \pm 4,1$) по сравнению с левым полушарием ($11,6 \pm 5,5$), в мозге женщин данный показатель был практически симметричен ($p = 0,210$), равняясь $10,8 \pm 4,1$ в правом полушарии и $11,4 \pm 4,3$ в левом полушарии.

Анализ показателей средних значений плотности нейронов базолатерального ядра амигдаларного комплекса не выявил заметных признаков межполушарных различий внутри каждой половой группы. Так, у женщин среднее значение плотности нейронов в 0,001 мм³ изучаемого ядра амигдаларного комплекса левого полушария мозга ($12,4 \pm 6,1$) незначительно отличалось ($p = 0,217$) от показателей того же признака в правом полушарии ($12,9 \pm 6,3$). У мужчин среднее значение показателей плотности нейронов базолатерального ядра в противоположных полушариях было также практически равное ($p = 0,515$) и составило $11,8 \pm 5,7$ нервных клеток в левом и $11,4 \pm 4,7$ – в правом полушарии мозга (рис. 1, 2).

Сопоставление значений плотности нейронов базолатерального ядра амигдаларного комплекса отдельно в левом и правом полушариях мозга у мужчин и женщин выявило их более высокие показатели у женщин в обоих полушариях. Однако если

в левом полушарии данные структурные отличия базолатерального ядра амигдаларного комплекса проявлялись незначитель-

но ($p = 0,784$), то в правом полушарии они были статистически значимо подтверждены ($p = 0,006$).

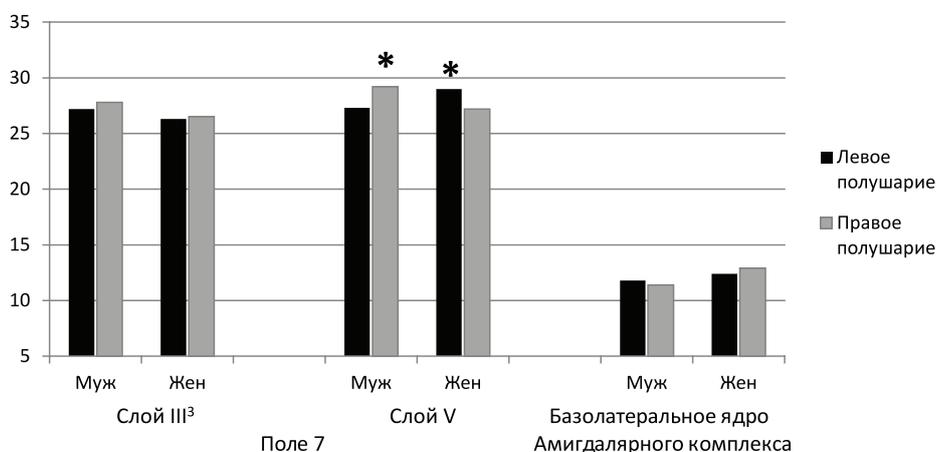


Рис. 1. Плотность нейронов слоёв III³ и V коры поля 7 и базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин (в 0,001 мм³).

* – межполушарные отличия статистически значимы, $p \leq 0,05$ (Mann-Whitney U test)

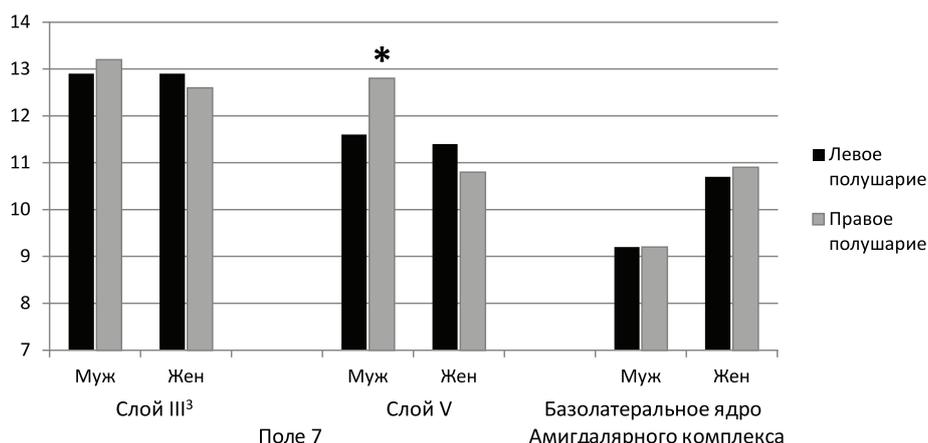


Рис. 2. Плотность нейронов, окруженных сателлитной глией слоёв III³ и V коры поля 7, и базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин (в 0,001 мм³).

* – межполушарные отличия статистически значимы, $p \leq 0,05$ (Mann-Whitney U test)

Сравнительный анализ показателей плотности нейронов, окружённых сателлитной глией, в изучаемом ядре амигдаларного комплекса мозга выявил симметричность его строения в левом и правом полушариях и в группе женщин ($p = 0,566$), и в группе мужчин ($p = 0,880$). Так, в базолатеральном ядре амигдаларного комплекса левого и правого полушарий мозга женщин средняя плотность нейронов с перинейрональной глией практически не различалась и составляла соответственно $10,7 \pm 4,7$ и $10,9 \pm 4,2$. У мужчин же средние показатели того же параметра и в том же объёме ($0,001\text{мм}^3$) вещества базолатерального ядра мозга слева и справа были найдены

абсолютно равными и составили $9,2 \pm 4,7$ и $9,2 \pm 4,2$ соответственно.

Плотность нейронов и плотность глиальных клеток является важной морфологической характеристикой любой структуры мозга, поскольку нейрон и глия составляют единую и неразделимую в функциональном плане динамическую систему, между составными частями которой имеются определенные закономерности [3, 5].

По всем вышеописанным характеристикам плотности нейронов и плотности нейронов, окружённых сателлитной глией, для слоя III³ поля 7 характерно их равномерное распределение между левым и правым полушарием. Исходя из полученных данных,

можно предположить, что такое распределение показателей является результатом специализации слоя III³, необходимой для эффективного выполнения своих функций, (одной из его главных задач является организация связей с другими структурными единицами коры мозга) для обеспечения которых, возможно, необходимы более крупные нейроны, размеры которых были показаны нами в предыдущей статье [1] и с размером которых имеется корреляция по длине аксонов и количеству образуемых ими нейронных связей [9], вероятно, ведущим показателем межполушарной асимметрии для данного слоя является размер нейронов, а не показатели плотности нейронов и нейронов, окруженных сателлитной глией.

На этом фоне результаты цитоархитектонического исследования базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин частично согласуются, а частично – отличаются от результатов, полученных нами при изучении слоёв III³ и V коры поля 7. Так, согласно с результатами, полученными для слоя III³, нами также найдена симметричность распределения изучаемых нейроно-глиальных признаков базолатерального ядра амигдаларного комплекса в левом и правом полушариях мозга, как в группе женщин, так и в группе мужчин, возможно, причиной симметричного распределения изученных показателей является посредническая роль базолатерального ядра в обработке сенсорной информации, которая поступает в амигдаларный комплекс через латеральное ядро. С другой стороны, симметричность показателей базолатерального ядра не согласуется с результатами сравнительного анализа показателей изучаемых признаков, полученных для слоя V коры поля 7, в котором было обнаружено их асимметричное распределение в левом и правом полушариях мозга.

III и V слои неокортекса имеют различное функциональное значение: первый из них является ассоциативным, второй – выполняет проекционную функцию. Полученные результаты нейроно-глиального исследования слоя V коры поля 7 свидетельствуют в пользу ведущей роли правого полушария при решении пространственных задач, причем на цитоархитектоническом уровне выявленные нами различия наиболее сильно проявляются в мозге мужчин. Разная направленность вектора асимметрии слоя V коры поля 7 мозга мужчин и женщин может быть следствием особенностей работы мужского и женского мозга. Одной из функций верхней теменной области является анализ окружающего простран-

ства, известно, что мужчины и женщины при ориентации в пространстве используют различные стратегии ориентирования, к тому же эволюционно сложилось так, что мужчинам было необходимо во время охоты быстро принимать решения, связанные с анализом окружающего пространства, а в пространственных задачах доминантным является правое полушарие, в свою очередь женщины больше занимались собирательством и воспитанием детей, и им приходилось решать пространственные задачи, которые требовали логического осмысления в длительном промежутке времени, а как известно в прогнозировании доминантным является левое полушарие.

Заключение

Разные результаты, полученные нами при исследовании слоя V коры поля 7 и базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин, показали отсутствие корреляции в распределении изученных нейроно-глиальных признаков слоя V и базолатерального ядра, которую мы ожидали обнаружить, основываясь на наличии связей между данными формациями мозга.

Таким образом, при исследовании плотности нейронов и плотности нейронов, окруженных сателлитной глией, в слое III³ коры поля 7 и в базолатеральном ядре амигдаларного комплекса мозга в том и в другом случае была выявлена симметричность в распределении данных признаков, как у мужчин, так и у женщин. На этом фоне интересны результаты, полученные нами при исследовании морфологических признаков слоя V коры поля 7. В нем выявлена межполушарная асимметрия показателей плотности нейронов и плотности нейронов, окруженных сателлитной глией, причем у мужчин отмечался сдвиг вектора асимметрии в сторону правого полушария, тогда как у женщин по признаку плотности нейронов выявлена межполушарная асимметрия противоположной (левополушарной) направленности.

Список литературы

1. Агапов П.А., Боголепова И.Н. Межполушарная асимметрия и гендерные различия профильного поля нейронов коры поля 7 верхней теменной области мозга человека // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8 (часть 2). – С. 338–342.
2. Акмаев И.Г., Калимуллина Л.Б. // *Миндалевидный комплекс мозга: функциональная морфология и нейроэндокринология*. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
3. Бокша И.С. Взаимосвязь нейронов и глиальных клеток через метаболизм глутамата в мозге здоровых людей и больных психическими заболеваниями // *Биохимия*. – 2004. – Т. 69. – № 7. – С. 869–886.

4. Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В. Функциональная магнитно-резонансная томография // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. – 2011. – Т. 5. – № 1. – С. 30–34.

5. Никандров М.Г. Закономерность во взаимосвязи количества нейронов и количества глии в нейронных формациях мозга человека в норме // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. – 2008. – № 2. – С. 28–31.

6. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. – 3-е изд. – М.: МедиаСфера, 2006. – 312 с.

7. Селиверстова Е.В., Селиверстов Ю.А., Коновалов Р.Н., Иллариошкин С.Н. Функциональная магнитно-резонансная томография покоя: новые возможности изучения физиологии и патологии мозга // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. – 2013. – Т. 7. – № 4. – С. 39–44.

8. Суслина З.А., Иллариошкин С.Н., Пирадов М.А. Неврология и нейронауки – прогноз развития // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. – 2007. – Т. 1. – № 1. – С. 5–9.

9. Цехмистренко Т.А., Черных Н.А. Возрастные особенности микроструктуры слоя V коры лобной доли большого мозга человека // *Морфология*. – 2012. – Т. 142. – № 4. – С. 14–18.

10. Amaral D. G., Price J.L. Amygdalo-cortical projections in the monkey (*Macaca fascicularis*) // *Journal of Comparative Neurology*. – 1984. – Vol. 230. – P. 465–496.

11. Culham J.C., Brandt S.A., Cavanagh P., Kanwisher N.G., Dale A.M., Tootell R.B.H. Cortical fMRI activation produced by attentive tracking of moving targets // *J. Neurophysiol.* – 1998. № 80. – P. 2657–70.

12. Grefkes C., Ritzl A., Zilles K., Fink G.R. Human medial intraparietal cortex subserves visuomotor coordinate transformation // *Neuroimage*. – 2004. – № 23. – P. 1494–506.

13. Nieuwenhuys R., Voogd J., van Huijzen C. // *The Human Central Nervous System*. 4th ed. – New York: «Springer», 2008. – 970 p.

14. Schmidt D. Brain systems engaged in encoding and retrieval of word-pair associates independent of their imagery content or presentation modalities // *Neuropsychologia*. – 2002. – № 40. – P. 457–70.

15. Whalen P.J., Phelps E.A. // *The human amygdala*. – New York. Guilford Press, 2009. – 429 p.

References

1. Agapov P.A., Bogolepova I.N. Mezhpolutsharnaya asimetriya i gendernye razlichiya profilnogo polya neyronov kory polya 7 verkhney temennoy oblasti mozga cheloveka. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2013, no. 8 (chast 2), pp. 338–342.

2. Akmayev I.G., Kalimullina L.B. Mindalevidny kompleks mozga: funktsionalnaya morfologiya i neyroendokrinologiya. M.: «Nauka», 1993. 272 p.

3. Boksha I.S. Vzaimosvyaz neyronov i glialnykh kletok cherez metabolizm glutamata v mozge zdorovykh lyudey i bol-

nykh psikhicheskimi zabolevaniyami. *Biokhimiya*, 2004, T. 69, no. 7, pp. 869–886.

4. Kremneva E.I., Kononov R.N., Krotenkova M.V. Funkcional'naja magnitno-rezonansnaja tomografija. *Annaly klinicheskoy i jeksperimental'noj nevrologii*, 2011, T. 5, no. 1, pp. 30–34.

5. Nikandrov M.G. Zakonomernost vo vzaimosvyazi kolichestva neyronov i kolichestva glii v neyronnykh formatsiyakh mozga cheloveka v norme. *Voprosy neyrokhirurgii im. N.N. Burdenko*, 2008, no. 2, pp. 28–31.

6. Rebrova O.Yu. Statisticheskyy analiz meditsinskikh dannyx. Primeneniye paketa prikladnykh programm Statistica. M.: MediaSfera. 2006. 312 p. 3-e izdaniye.

7. Seliverstova E.V., Seliverstov Ju.A., Kononov R.N., Illarioshkin S.N. Funkcional'naja magnitno-rezonansnaja tomografija pokoja: novye vozmozhnosti izuchenija fiziologii i patologii mozga. *Annaly klinicheskoy i jeksperimental'noj nevrologii*, 2013, T. 7, no. 4, pp. 39–44.

8. Suslina Z.A., Illarioshkin S.N., Piradov M.A. Nevrologiya i nejronauki prognoz razvitiya. *Annaly klinicheskoy i jeksperimental'noj nevrologii*, 2007, T. 1, no. 1, pp. 5–9.

9. Tsekhmistenko T.A., Chernykh N.A. vozrastnye osobennosti mikrostruktury sloya V kory lobnoy doli bolshogo mozga cheloveka. *Morfologiya*, 2012, T. 142, no. 4, pp. 14–18.

10. Amaral D. G., Price J.L. Amygdalo-cortical projections in the monkey (*Macaca fascicularis*) // *Journal of Comparative Neurology*. 1984. Vol. 230. pp. 465–496.

11. Culham J.C., Brandt S.A., Cavanagh P., Kanwisher N.G., Dale A.M., Tootell R.B.H. Cortical fMRI activation produced by attentive tracking of moving targets // *J. Neurophysiol.* 1998. № 80. pp. 2657–70.

12. Grefkes C., Ritzl A., Zilles K., Fink G.R. Human medial intraparietal cortex subserves visuomotor coordinate transformation // *Neuroimage*. 2004. no. 23. pp. 1494–506.

13. Nieuwenhuys R., Voogd J., van Huijzen C. // *The Human Central Nervous System*. 4th ed. New York: «Springer». 2008. 970 p.

14. Schmidt D. Brain systems engaged in encoding and retrieval of word-pair associates independent of their imagery content or presentation modalities // *Neuropsychologia*. 2002. no. 40. pp. 457–70.

15. Whalen P.J., Phelps E.A. // *The human amygdala*. New York. Guilford Press. 2009. 429 p.

Рецензенты:

Мамалыга Л.М., д.б.н., профессор кафедры анатомии и физиологии человека и животных Московского педагогического государственного университета, г. Москва;

Сальков В.Н., д.м.н., старший научный сотрудник лаборатории функциональной морфохимии, ФГБУ НЦН РАМН, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 21.03.2014.