

УДК 611.813.1–055

МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ И ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРОФИЛЬНОГО ПОЛЯ НЕЙРОНОВ КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

Агапов П.А., Боголепова И.Н.

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

Проведено морфометрическое исследование профильного поля пирамидных нейронов слоев III³ и V коры поля 7 верхней теменной области на сериях тотальных фронтальных срезов левого и правого полушарий мозга 5 мужчин и 5 женщин, умерших в возрасте от 20 до 60 лет и не страдавших психическими и неврологическими заболеваниями. По результатам анализа, значений профильного поля пирамидных нейронов слоев III³ и V коры поля 7 выявлен половой диморфизм данного показателя и межполушарная асимметрия профильного поля пирамидных нейронов коры поля 7 мозга мужчин и женщин. При сравнении профильного поля пирамидных нейронов слоя III³ коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин обнаружена правополушарная асимметрия. Кроме того, выявлено большее значение профильного поля пирамидных нейронов слоя III³ коры поля 7 мозга мужчин по сравнению с мозгом женщин.

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

HEMISPHERIC ASYMMETRY AND GENDER DIFFERENCES IN CORTICAL NEURONS PROFILE FIELD OF AREA 7 OF SUPERIOR PARIETAL REGION OF THE HUMAN BRAIN

Agapov P.A., Bogolepova I.N.

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

Morphometric study of profile field of pyramidal neurons of layers III³ and V of cortex area 7 of superior parietal region was conducted on series of total frontal slices of the left and right brain hemispheres in 5 men and 5 women who died at the age between 20 and 60 years old and did not suffer from mental and neurological diseases. According to the analysis of values of profile field of pyramidal neurons of layers III³ and V of area 7, sexual dimorphism of this parameter and hemispheric asymmetry of profile field of pyramidal neurons in the brain cortex of the area 7 in men and women were revealed. When comparing the profile field of pyramidal neurons in the cortex layer III³ of area 7 of the superior brain parietal region in men and women right hemispheric asymmetry was found. Also more significant value of profile field of pyramidal neurons layer III³ of area 7 of men brain cortex compared to women's brain was found.

Keywords: human brain asymmetry, superior parietal region, area 7, profile field, neuron, gender differences, brain

В современной литературе уделяется большое внимание изучению особенностей строения левого и правого полушария мозга человека, отвечающих за разные когнитивные функции, поэтому наше исследование направлено на выявление различий ведущих морфологических признаков межполушарной асимметрии поля 7 коры верхней теменной области. Исходя из функциональной значимости исследуемой области и известных особенностей мозга мужчин и женщин, становятся интересными и гендерные различия цитоархитектонического строения верхней теменной области, к тому же в последние годы вновь повысился интерес к цитоархитектоническому строению коры мозга человека. Появились новые работы, посвященные картированию верхней теменной области мозга человека, в состав которой входит высшее ассоциативное поле 7 [14, 13]. Верхняя теменная область играет немаловажную роль в организации высшей психической деятельности. Она участвует в познавательных задачах, требующих мысленной обработки двигательных

образов, визуальном контроле движений. Верхняя теменная область принимает участие в формировании эпизодической памяти [8, 5], в процессах восстановления в памяти зрительных образов и вспоминания слов, в дедуктивном рассуждении. Кроме того, верхняя теменная область участвует в непрерывном сборе информации о внешнем мире и сопоставлении себя с окружающим миром [15].

Цель – выявить межполушарные и гендерные различия профильного поля нейронов слоев III³ и V коры поля 7 верхней теменной области мозга человека.

Материалы и методы исследований

Измерение профильного поля пирамидных нейронов слоев III³ и V коры поля 7 верхней теменной области мозга человека проводилось на сериях фронтальных парафиновых срезов левого и правого полушарий мозга толщиной 20 мкм, окрашенных крезилом фиолетовым по методу Ниссля, на комплексе электронно-оптического анализа изображений «Диа Морф». Исследованы образцы мозга 5 мужчин и 5 женщин, умерших в возрасте от 20 до 60 лет, не страдавших психическими и неврологическими за-

болеваниями, причина смерти которых являлась следствием какой-либо соматической патологии или несчастного случая.

В каждом слое проведено измерение профильного поля не менее 100 нейронов, имеющих ядро и ядрышко 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. 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, применяемого для сравнения независимых выборок, выявленные различия считали статистически значимыми при уровне $p = 0,05$ и меньше.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ профильного поля пирамидных нейронов поля 7 в ассоциативном слое III³ в левом и правом полушарии мужчин и женщин выявил статистически значи-

мую ($p < 0,001$ и $p = 0,004$) правополушарную асимметрию у обоих полов. Среднее значение профильного поля пирамидных нейронов в левом полушарии мозга мужчин равнялось $220,820 \pm 3,334$ мкм², а в правом полушарии $240,569 \pm 3,737$ мкм², данный показатель мозга женщин составлял $214,532 \pm 2,786$ мкм² слева и $225,161 \pm 2,953$ мкм² справа.

При сравнении среднего значения профильного поля пирамидных нейронов слоя III³ поля 7 коры мозга мужчин с аналогичным показателем мозга женщин выявлена тенденция ($p = 0,058$) к преобладанию значения профильного поля пирамидных нейронов в мозге мужчин. Эти различия особенно ярко и статистически значимо ($p = 0,016$) проявляются при сопоставлении значения данного показателя правого полушария мужчин с правым полушарием женщин, однако в левом полушарии мужчин наблюдается только тенденция ($p = 0,680$) к большему значению профильного поля пирамидных нейронов по сравнению с женщинами (рис. 1).

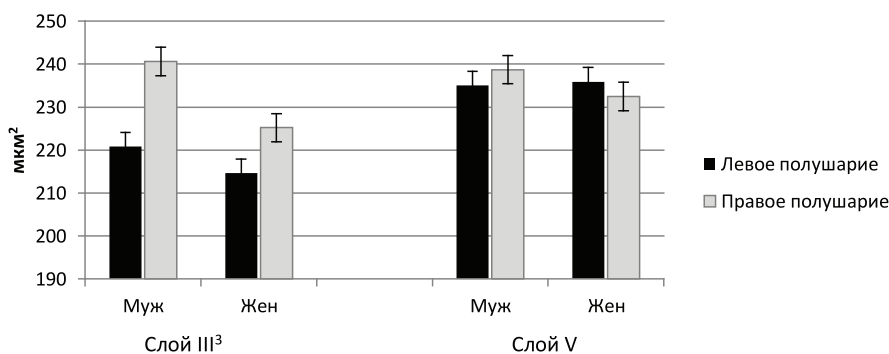


Рис. 1. Величина профильного поля пирамидных нейронов слоя III³ и V коры поля 7 мозга мужчин и женщин (в мкм²)

Межполушарная асимметрия и выявленные особенности слоя III³ коры поля 7 мужского и женского мозга статистически достоверно подтверждаются и при частотном распределении пирамидных нейронов согласно используемой нами классификации профильного поля пирамидных нейронов коры поля 7. Как у мужчин, так

и у женщин прослеживается больший процент крупных нейронов (свыше 270 мкм²) в правом полушарии, кроме того, можно также отметить больший процент крупных нейронов у мужчин по сравнению с женщинами, особенно ярко это проявляется при сопоставлении правых полушарий (32,7% у мужчин, 23,7% у женщин) (рис. 2, 3).

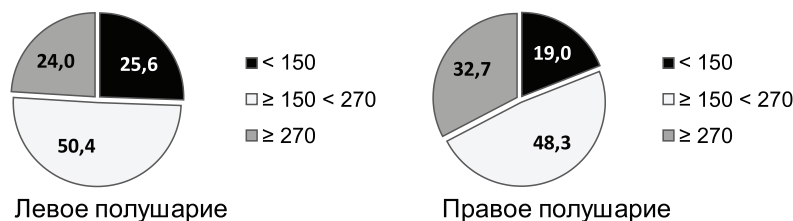


Рис. 2. Распределение нейронов по группам в слое III³ коры поля 7 правого и левого полушария мозга мужчин (в %)

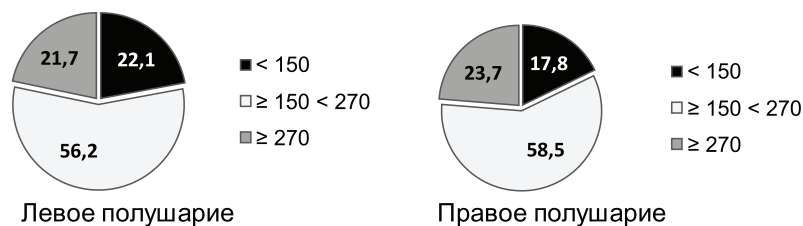


Рис. 3. Распределение нейронов по группам в слое III³ коры поля 7 правого и левого полушария мозга женщин (6%)

Измерение профильного поля пирамидных нейронов слоя V коры поля 7 мужчин и женщин статистически значимой межполушарной асимметрии не выявило ($p = 0,734$ мужчины и $p = 0,153$ женщины). Средний размер профильного поля пирамидных нейронов слоя V в левом полушарии мозга мужчин составлял $234,992 \pm 2,431$ мкм², в правом полушарии $238,698 \pm 2,884$ мкм². У женщин данный

показатель равнялся $235,925 \pm 2,267$ мкм² слева и $232,531 \pm 2,412$ мкм² справа.

Частотное распределение нейронов слоя V коры поля 7 мозга мужчин и женщин сходно с частотным распределением нейронов слоя III³, но обнаружены и некоторые различия – в левом полушарии мозга женщин по сравнению с правым полушарием содержится большее количество крупных нейронов (рис. 4, 5).

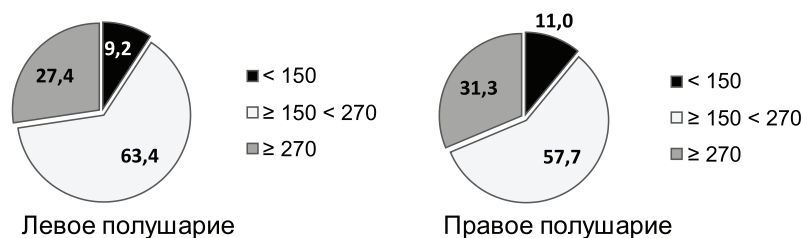


Рис. 4. Распределение нейронов по группам в слое V коры поля 7 правого и левого полушария мозга мужчин (6%)

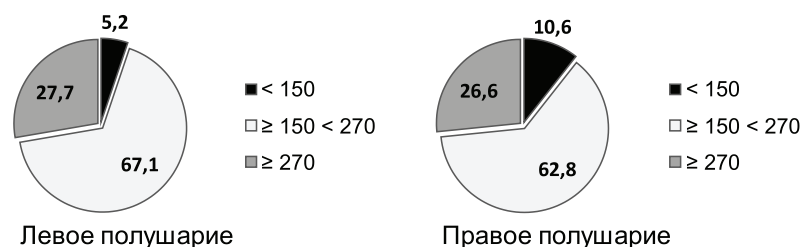


Рис. 5. Распределение нейронов по группам в слое V поля 7 коры правого и левого полушария мозга женщин (6%)

Функциональная специализация полушарий мозга мужчин и женщин достаточно сильно различается: левое полушарие отчасти ответственно за реализацию речевой деятельности и связано с абстрактной аналитической деятельностью, строящейся на речевой и знаковой основе, оно же прогнозирует сложные психические и моторные действия. На базе правого полушария протекают процессы восприятия пространства. Правое полушарие имеет особое значение в эмоциональной жизни [3].

Правополушарная асимметрии присутствует не только полю 7, она характерна и для других цитоархитектонических полей коры мозга человека. В пирамидном слое III³ коры

слухового поля 41 наблюдается правополушарная асимметрия профильного поля нейронов. Правополушарная асимметрия выявлено не только в коре, но и в подкорковых образованиях мозга, например, в ядре Мейнртерта и в ретикулярном ядре таламуса [1].

Во многих структурах мозга присутствует асимметрия, связанная с локализацией функции. Самой яркой является асимметрия речевых функций, известно, что в речевых процессах доминантным является левое полушарие, в котором по сравнению с правым полушарием преобладает ширина коры и значение профильного поля нейронов, что показано в работах Боголеповой И.Н. и соавторов. Схожая тенденция

наблюдается в двигательных полях 4, 6 – их левосторонняя асимметрия, вероятно, связана с доминантной правой рукой [2].

Верхняя теменная область имеет множество связей с высшими ассоциативными корковыми полями и подкорковыми структурами мозга, а также большое количество реципрокных связей с окружающими ее структурами, исходя из данных, полученных посредством функциональных исследований мозга человека, предполагается, что верхней теменной области присуща главенствующая интегративная роль в важных когнитивных функциях мозга, отличающихся у мужчин и женщин.

Такими наиболее наглядными отличиями мышления мужчин и женщин, показанными методами ф-МРТ, являются различия в ориентации в пространстве и в мысленном вращении предметов, по которым мужчины превосходят женщин. По способу ориентирования в пространстве выделяют две стратегии. Первая заключается в детальном использовании окружающей информации и ключевых точек, когда необходимо повернуть налево или направо, в дополнении к подробной визуальной информации об этих точках. Суть второй стратегии заключается в использовании геометрической характеристики пространства и таких ключевых точек, как сторона света и расстояние. Различия между мужчинами и женщинами проявляются в предпочтении использования одной из описанных стратегий ориентирования – женщины обычно пользуются первой стратегией, а мужчины – второй, что показано во множестве исследований [12, 11]. Ориентация в пространстве связана со зрительной памятью и образами, в восстановлении которых участвует верхняя теменная область, точнее, прекунеус [7]. Кроме того, процесс ориентации в пространстве связан с вниманием, в чем тоже участвует верхняя теменная область.

Другое отличие мужчин и женщин проявляется в мысленном вращении предметов, связанном со зрительными образами и памятью. С этими задачами более продуктивно справляются мужчины по сравнению с женщинами. При выполнении этих действий обнаружены отличия активации участвующих в этом процессе структур мозга: у женщин наблюдается двусторонняя активация верхней и нижней теменной доли, очаги активации в районе интрапариетальной борозды, в нижней височной извилине, премоторной области; у мужчин очаги активации возникают в области правой париетоокципитальной борозды, левой интрапариетальной борозды и в верхней теменной доле левого полушария. У мужчин

в основном выявляется активация теменной области, а у женщин дополнительно возникает активация в нижней лобной извилине, к тому же у женщин активность полушарий более симметрична по сравнению с мужчинами, у которых она смещается в сторону правого полушария [9]. В этих процессах мужчины и женщины также используют разные стратегии [10], в свою очередь есть пространственные задачи, с которыми женщины справляются лучше мужчины, например, задачи, связанные с пространственной памятью на расположение объектов [6]. Гендерные различия и ориентация в пространстве коррелирует с особенностями структурной организации верхней теменной области мужчин и женщин, возможно, одной из таких особенностей строения верхней теменной области у мужчин и женщин являются различия в нейронной организации коры верхней теменной области, а в частности, большее значение профильного поля нейронов у мужчин, особенно в правом полушарии по сравнению с женщинами.

Такая достаточно сильная структурная специализация полушарий просто не может не отражаться на цитоархитектоническом строении коры. Возможно, что одним из проявлений такой специализации стала межполушарная асимметрия профильного поля нейронов слоя III³ коры поля 7 мозга человека.

Наше исследование также показало особенности нейронной организации третьего ассоциативного слоя в теменной области у мужчин и женщин, связывающего между собой полушария и различные цитоархитектонические поля, образуя большее количество связей, эффективность которых складывается из степени развития дендритного древа, протяженности аксонов и развития их коллатералей, которые коррелируют с размерами тел нейронов [4].

Заключение

Таким образом, настоящее исследование впервые показало морфологические особенности коры поля 7 верхней теменной области мозга человека. В работе выявлена правополушарная направленность значения профильного поля слоя III³ как у мужчин, так и у женщин, кроме того, обнаружено большее значение профильного поля пирамидных нейронов мужчин по сравнению с женщинами, возможно, выявленные различия являются одним из проявлений функциональной специализации полушарий и различной стратегии обработки и восприятия пространственной информации мужчинами и женщинами.

Список литературы

1. Сравнительные данные величины нейронов двух ядер таламуса у мужчин и женщин / В.В. Амуниц, А.Д. Антюхов, И.Н. Богалепова, А.В. Свешников // *Асимметрия*. – 2012. – № 1. – С. 17–22.

2. Цитоархитектоническая асимметрия корковых полей и хвостатого ядра мозга человека / И.Н. Богалепова, Л.И. Малофеева, Н.С. Оржеховская, Т.В. Белогрудь // *Функциональная межполушарная асимметрия*. Хрестоматия. – 2004. – С. 191–204.

3. Брагинская Ю.В., Величковский Б.М., Прудков П.Н. Латеризация индивидуального пространства как фактор асимметрии перцептивных процессов // *Вопросы психологии*. – 1989. – № 5. – С. 130–137.

4. 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.

5. 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.

6. Eals M., Silverman I. The hunter-gatherer theory of spatial sex differences: Proximate factors mediating the female advantage of recall of object arrays // *Ethology and Sociobiology*. – 1994. – № 15. – P. 95–105.

7. Fletcher P.C., Frith C.D., Baker S.C., Shallice T., Frackowiak R.S., Dolan R.J. The mind's eye – precuneus activation in memory-related imagery // *Neuroimage*. – 1995. – Vol. 2. – № 3. – P. 195–200.

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

9. Jordan K., Wüstenberg T., Heinze H.J., Peters M., Jäncke L. Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks // *Neuropsychologia*. – 2002. – Vol. 40. № 13. – P. 2397–2408.

10. Pezaris E., Casey M.B. Girls who use «masculine» problem-solving strategies on a spatial task: proposed genetic and environmental factors // *Brain Cogn.* – 1991. – Vol. 17. – № 1. – P. 1–22.

11. Rahman Q., Andersson D., Govier E. University of East London A Specific Sexual Orientation-Related Difference in Navigation Strategy // *Behavioral Neuroscience*. – 2005/ – Vol. 119. – № 1. – P. 311–316.

12. Saucier D.M., Green S.M., Leason J., Mac Fadden A., Elias, L.J. (2002). Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? // *Behavioral Neuroscience*. – 2002. – № 116. – P. 403–410.

13. Scheperjans F., Eickhoff S.B., Hömke L., Mohlberg H., Hermann K., Amunts K., Zilles K. Probabilistic maps, morphometry, and variability of cytoarchitectonic areas in the human superior parietal cortex // *Cereb Cortex*. – 2008. – Vol. 18, № 9. – P. 2141–57.

14. Scheperjans F., Hermann K., Eickhoff S.B., Amunts K., Schleicher A., Zilles K. Observer-independent cytoarchitectonic mapping of the human superior parietal cortex // *Cereb Cortex*. – 2008. – Vol. 18, № 4. – P. 846–67.

15. 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.

References

1. Amunts V.V., Antyukhov A.D., Bogalepova I.N., Sveshnikov A.V. Sravnitelnye dannye velikiny neyronov dvukh yad dertalamusa u muzhchin i zhenshchin. *Asimetriya*, 2012, no. 1, pp. 17–22.

2. Bogalepova I.N., Malofeyeva L.I., Orzhikhovskaya N.S. Belograd T.V. Tsitoarkhitektonicheskaya asimetriya korskoykh poley i khvostatogo yadra mozga cheloveka. *Funktsionalnaya mezhpolutsharnaya asimetriya*. *Khrestomatiya*, 2004, pp. 191–204.

3. Braginskaya Yu.V., Velichkovsky B.M., Prudkov P.N. Laterizatsiya individualnogo prostranstva kak faktor asimetrii pertseptivnykh protsessov. *Voprosy psikhologii*, 1989, no. 5, pp. 130–137.

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

5. 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. no. 80. pp. 2657–70.

6. Eals M., Silverman I. The hunter-gatherer theory of spatial differences: Proximate factors mediating the female advantage of recall of object arrays // *Ethology and Sociobiology*. 1994. no. 15. pp. 95–105.

7. Fletcher P.C., Frith C.D., Baker S.C., Shallice T., Frackowiak R.S., Dolan R.J. The mind's eye precuneus activation in memory-related imagery // *Neuroimage*. 1995. Vol. 2. no. 3. pp. 195–200.

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

9. Jordan K., Wüstenberg T., Heinze H.J., Peters M., Jäncke L. Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks // *Neuropsychologia*. 2002. Vol. 40. no. 13. pp. 2397–2408.

10. Pezaris E., Casey M.B. Girls who use «masculine» problem-solving strategies on a spatial task: proposed genetic and environmental factors // *Brain Cogn.* 1991. Vol. 17. no. 1. pp. 1–22.

11. Rahman Q., Andersson D., Govier E. University of East London A Specific Sexual Orientation-Related Difference in Navigation Strategy // *Behavioral Neuroscience*. 2005. Vol. 119. no. 1. pp. 311–316.

12. Saucier, D. M., Green, S. M., Leason, J., MacFadden, A., & Elias, L. J. (2002). Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? // *Behavioral Neuroscience*. 2002. no. 116. pp. 403–410.

13. Scheperjans F., Eickhoff S.B., Hömke L., Mohlberg H., Hermann K., Amunts K., Zilles K. Probabilistic maps, morphometry, and variability of cytoarchitectonic areas in the human superior parietal cortex // *Cereb Cortex*. 2008. Vol. 18, no. 9. pp. 2141–57.

14. Scheperjans F., Hermann K., Eickhoff S.B., Amunts K., Schleicher A., Zilles K. Observer-independent cytoarchitectonic mapping of the human superior parietal cortex // *Cereb Cortex*. 2008. Vol. 18, no. 4. pp. 846–67.

15. 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.

Рецензенты:

Мамалыга Л.М., д.б.н., профессор кафедры анатомии и физиологии человека и животных Московского педагогического государственного университета, г. Москва;
Худоерков Р.М., д.м.н., заведующий лабораторией функциональной морфохимии, ИЦН РАН, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 01.07.2013.