УДК 611.811.018

ИЗМЕНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ МОЗГА МУЖЧИН И ЖЕНЩИН В ПРОЦЕССЕ СТАРЕНИЯ

Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И.

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

Изучена толщина коры и толщина цитоархитектонических слоёв коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в трёх возрастах: I группа – зрелый возраст (мужчины – $28,0 \pm 5,1$ лет, женщины – $25,8 \pm 6,1$ лет); II группа – пожилой возраст (мужчины – $66,2 \pm 5,4$ лет, женщины – $67,2 \pm 4,8$ лет); III группа – старческий возраст (мужчины – $86,0 \pm 2,3$ лет, женщины – $83,2 \pm 2,9$ года). Всего изучено 15 мозгов мужчин и 15 мозгов женщин, не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями, причиной смерти которых являлся несчастный случай или соматическая патология. Исследование выполнено на фронтальных срезах мозга мужчин и женщин толщиной 20 мкм, окрашенных по методу Ниссля. Полученные данные показывают различие возрастных изменений толщины коры поля 7 и толщины цитоархитектонического слоя III поля 7 коры мозга мужчин и женщин. Установлено, что для мужчин характерно значимое уменьшение толщины коры изученной области мозга только в пожилом возрасте, а для женщин в пожилом и старческом возрастах. Для слоя III поля 7 коры мозга женщин, так же как и для толщины коры поля 7, характерно более раннее уменьшение значения его толщины.

Ключевые слова: старение, мозг мужчин, мозг женщин, поле 7, кора мозга

CHANGES IN THE THICKNESS OF CORTEX AREA 7 OF SUPERIOR PARIETAL REGION OF MEN'S AND WOMEN'S BRAIN IN AGING

Agapov P.A., Bogolepova I.N., Malofeeva L.I.

Research Center of Neurology, Moscow, e-mail: pavelscn@yandex.ru

The thickness of the cortex and the thickness of the cytoarchitectonic layers of the cortex area 7 of the superior parietal lobule of brains of men and women were studied at three ages: group I – mature age (men 28.0 ± 5.1 years old, women 25.8 ± 6.1 years old), group II – elderly age (men 66.2 ± 5.4 years old, women 67.2 ± 4.8 years old), group III – senile age (men 86.0 ± 2.3 years old, women 83.2 ± 2.9 years old). Totally, there were studied 15 brains of men and 15 brains of women who didn't suffer from any mental and neurological diseases during their lifetime, the cause of death was an accident or somatic pathology. The study was performed on the total frontal slices of brains of men and women, the slices which were painted by Nissle method were 20 mkm thick. Our research showed differences of age-related changes of the thickness of cortex area 7 and the thickness of cytoarchitectonic layer III of cortex area 7 of men's and women's brain. We established that a significant reduction of the cortex thickness of the studied area of brain cortex occurs only at an elderly age for men and at an elderly and a senile age for women. For layer III of cortex area 7 of women's brain, as well as for the thickness of cortex area 7 there is an earlier and more expressed reduction of thickness.

Keywords: aging, brain of men, brain of women, area 7, cortex

Верхняя теменная область мозга человека играет важную функциональную роль при взаимодействии человека с окружающим пространством, а именно участвует в контроле движений и вторичной переработке зрительной информации, в восстановлении из памяти зрительных образов и их фиксации [1]. Она отвечает за переключение и поддержание внимания, за восприятие пространства [2, 3]. Методами функциональной магнитно-резонансной томографии показаны отличия между мужчинами и женщинами в ориентации в пространстве и при выполнении тестов мысленного вращения предметов, в скорости выполнения которых мужчины превосходят женщин [4], а также выявлены отличия активации структур мозга мужчин и женщин, участвующих в этих процессах [5].

На протяжении многих лет остаётся актуальным изучение старения мозга человека. В результате исследований создан ряд

теорий старения человека [6]. Рассматривая темпы возрастных изменений мозга человека, в литературе наибольшее распространение получила лобная гипотеза [7, 8], которая была создана на основе анализа исследований возрастных изменений когнитивных способностей человека и морфологических особенностей строения и развития коры мозга, начиная от пренатального онтогенеза и заканчивая старческим периодом жизни человека. Авторы, придерживающиеся данной теории, считают, что наиболее рано начинают стареть филогенетически новые структуры мозга, то есть «последние сформировавшиеся в онтогенезе – первые на выход из строя», а именно, процесс старения в некотором смысле является обратным по отношению к филогенетическому развитию: области мозга, заканчивающие формирование своей структуры наиболее поздно являются более уязвимыми к возрастным изменениям.

В последние десятилетия, благодаря развитию методов магнитно-резонансной томографии (МРТ), появились новые данные, характеризующие старение мозга. Эти методы позволяют оценивать толщину коры и количество серого вещества комплексно во всем мозге и в отдельных его структурах [9]. На сегодняшний день методами МРТ, проведенных на больших выборках, показано возрастное уменьшение толщины коры как во всем мозге, так и в отдельных его регионах. В последние годы совершенствование методов исследования происходило огромными темпами, что привело к появлению работ, в которых изображения, полученные методом МРТ, могут быть сопоставимы по своей детализации с гистологическими срезами [10]. Однако на МРТ-изображениях высокого разрешения невозможно дифференцировать отдельные цитоархитектонические слои коры мозга и точно определить границы цитоархитектонических полей коры мозга, что не позволяет более детально, на клеточном уровне, изучить возрастные изменения, происходящие в мозге человека, понять их механизм и природу возникновения. Поэтому, несмотря на преимущества современных методов нейровизуализации, изучение цитоархитектоники коры мозга человека остаётся актуальным и на сегодняшний день. Работ, посвященных изучению изменениям толщины коры мозга человека в процессе старения, выполненных на гистологических срезах, встречается в литературе крайне мало, а публикации по изучению старения коры поля 7 верхней теменной области на цитоархитектонических срезах мозга человека практически отсутствуют.

Целью нашей работы стало: цитоархитектоническое изучение изменения толщины коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в процессе старения.

Материалы и методы исследования

Изучение коры поля 7 мозга мужчин и женщин проведено на непрерывных сериях фронтальных парафинных срезов левых и правых полушарий мозга 15 мужчин и 15 женщин трех возрастных групп: I группа – зрелый возраст (мужчины – $28,0 \pm 5,1$ лет, женщины – $25,8 \pm 6,1$ лет); II группа – пожилой возраст (мужчины – $66,2 \pm 5,4$ лет, женщины – $67,2 \pm 4,8$ лет); III группа – старческий возраст (мужчины – $86,0 \pm 2,3$ лет, женщины – $83,2 \pm 2,9$ года). Окраска препаратов выполнена по методу Ниссля. Толщина срезов составляла 20 мкм. Во всех случаях изучался мозг мужчин и женщин, умерших от несчастного случая или соматической патологии и не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями.

На каждом 40-м срезе выделялся участок коры поля 7 в центре медиальной поверхности верхней теменной области в соответствии с цитоархитектонической характеристикой данного поля.

Исследование толщины коры проводилось на участках коры с выраженной радиарной исчерченностью, измерялась общая толщина коры и толщина отдельных цитоархитектонических слоёв коры поля 7. Измерения толщины коры проводились на стереомикроскопе МБС-9, оборудованном камерой-окулярном DCM 130 в программе Scopephoto.

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 12. Отличия изученных показателей определялись с использованием U-критерия Манна – Уитни и считались достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Измерив толщину коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в трёх возрастных группах, мы выявили изменение её толщины.

Толщина коры поля 7 мозга мужчин зрелой группы составляла в среднем 2,510 мм в правом полушарии и 2,563 мм в левом, в пожилом возрасте у мужчин отмечается статистически значимое снижение ($p \leq 0,005$) её толщины в левом полушарии на 5,3%, в правом полушарии на 6,2%. В старческом возрасте при сравнении с пожилым возрастом значение толщины коры у мужчин практически не изменилось (уменьшение менее 1%). В среднем в популяции мужчин толщина коры поля 7 в процессе старения от зрелого возраста к старческому возрасту снизилась на 6,9% как в левом, так и в правом полушарии (рис. 1).

Толщина коры поля 7 мозга женщин в пожилом возрасте значимо ($p \leq 0,005$) уменьшается в левом полушарии мозга – на 6,3%, в свою очередь в правом полушарии толщина коры снижается на 3,1%. В старческом возрасте толщина коры поля 7 коры мозга женщин продолжает уменьшаться в обоих полушариях ($p \leq 0,005$), так в левом полушарии мозга она становится меньше по сравнению с пожилым на 11,7%, в правом полушарии на 16,1%.

Общее снижение толщины коры поля 7 мозга женщин в процессе старения составляло в левом полушарии 18%, в правом полушарии 19,2%, что значительно больше, чем у мужчин (рис. 2).

При изучении толщины цитоархитектонического слоя III коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин мы выявили возрастные изменения его толщины. Толщина ассоциативного слоя III в коре мозга мужчин пожилой группы практически не изменилась по отношению аналогичному показателю зрелой группы в обоих полушариях, а в старческой группе его толщина уменьшилась на 7,5% в левом полушарии и на 8,3% в правом полушарии.

Рис. 1. Цитоархитектоника коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин (правое полушарие): А – зрелый возраст, Б – пожилой возраст, В – старческий возраст

Рис. 2. Толщина коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в разных возрастных группах (мм): * – статистически значимое отличие от предыдущей возрастной группы ($p \leq 0,05$)

Рис. 3. Толщина цитоархитектонического слоя III коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в разных возрастных группах (мм): * – статистически значимое отличие от предыдущей возрастной группы ($p \leq 0,05$)

У женщин толщина слоя III в пожилом возрасте, при сравнении с аналогичным в группе женщин зрелого возраста, снизилась на 13,5% в левом и на 10,6% в правом полушарии. При измерении ширины слоя III коры поля 7 в группе женщин старческого возраста, произошло уменьшение его толщины ещё на 9,0% в левом полушарии и на 16% в правом полушарии. Толщина ассоциативного слоя III в группе женщин старческого возраста по сравнению со зрелым возрастом уменьшилась на 22,5% в левом полушарии и на 26,5% в правом полушарии. Таким образом, у женщин в каждой возрастной группе толщина ассоциативного слоя III статистически значимо ($p \leq 0,005$) уменьшалась, по сравнению с мужчинами, у которых значимое ($p \leq 0,005$) уменьшение аналогичных показателей произошло только в старческом возрасте (рис. 3).

В результате наших исследований мы выявили возрастное снижение толщины коры поля 7 мозга человека, что согласуется с другими морфометрическими работами, выполненными на гистологических срезах, где рассматривались аналогичные показатели, но в других цитоархитектонических областях коры мозга человека. S.H. Freeman et al. [11] показал возрастное снижение толщины коры различных областей мозга и привёл данные в пересчете на среднее уменьшение её толщины в год, после 60 лет. По его

данным, в лобной области толщина коры уменьшается на 0,8% в год, а в височной областях мозга на 0,67% в год, однако автор не уточнил, в каких именно цитоархитектонических полях проводились измерения и привел результаты по среднему значению толщины коры определенных областей в целом. Уменьшение толщины коры верхней теменной области также согласуется с данными МРТ-исследований регионального истончения коры мозга человека, причем по данным таких исследований верхняя теменная область является одной из областей, где происходят наибольшие возрастные изменения толщины коры [7]. Верхняя теменная область относится к ассоциативным структурам мозга, она участвует в сложных когнитивных функциях, например таких, как восприятие себя, участвует в работе эпизодической и оперативной памяти [12, 13], которые связаны с функциями лобной области. Мы также показали возрастное снижение толщины коры при изучении поля 10 лобной области, где к старческому возрасту мы обнаружили уменьшение толщины коры в среднем на 17% [14].

Возрастное уменьшение толщины коры, возможно, связано с атрофическими процессами, протекающими в мозге, и прежде всего с гибелью нейронов, так по нашим данным в поле 7 с возрастом наблюдается уменьшение плотности расположения ней-

ронов [15]. Уменьшение их плотности по данным литературы характерно и для других полей коры мозга и подкорковых структур мозга. Например, в цитоархитектоническом поле 44 плотность нейронов к старческому возрасту снижается на 22 % [16].

А.В. Павлов сообщает, что при старении снижение количества нейронов в соседних телах при старении достигает 39 % [17]. Однако в литературе имеется и другая точка зрения – число нейронов в старости почти не меняется [18]. По мнению В. Pakkenberg *et al.*, количество нейронов в течение жизни снижается не более чем на 10 % и эти различия проявляются только в старческом возрасте [19]. S.H. Freeman *et al.* в своем исследовании также не обнаружил достоверного снижения плотности нейронов в процессе старения в лобной, височной области и гиппокампе [11].

Скорость старения верхней теменной области мозга человека отличается в правом и левом полушарии мозга, что также показано в работах И.Н. Боголеповой и др. [20, 21] при изучении других структур мозга, поскольку их строение отличается в левом и правом полушариях [22, 23].

В литературе, и по нашим данным, показано возрастное уменьшение размеров нейронов в коре мозга человека [24, 25], то есть уменьшение размера нейронов может вносить свой вклад в процесс её истончения. Нами были найдены единичные работы, в которых сообщается о компенсаторной гипертрофии нейронов гиппокампа в пожилом возрасте с последующим уменьшением их размера в старческом возрасте [26, 27].

Уменьшение толщины коры может быть также связано с атрофией волокон. Из работ, посвященных изучению возрастных изменений белого и серого вещества мозга методами магнитно-резонансной томографии известно, что количество белого вещества может значительно снижаться в процессе старения вплоть до 30 % по сравнению со зрелым возрастом [19], это означает, что количество связей в коре мозга также уменьшается. При изучении синаптических связей и дендритов в коре мозга при старении разными исследователями получены данные о уменьшении их количества от 25 % до 50 % в процессе нормального старения [28]. Некоторые авторы отводят главную роль уменьшению количества синапсов и дендритов в процессе снижения толщины коры мозга человека при старении [11].

Кроме того, плотность капилляров в коре мозга человека с возрастом также значительно уменьшается. Например, по данным О.Г. Сероуха и С.Ю. Масловского, плотность капилляров в постцентральной

извилине после 60 лет уменьшается приблизительно на 12 % по сравнению со зрелым возрастом, однако авторы не уточнили, в какой именно цитоархитектонической структуре проводился подсчет изучаемых показателей коры мозга женщин [29].

Значение не всех цитоархитектонических характеристик коры мозга в процессе старения уменьшается, в частности в результате многочисленных морфологических исследований мозга человека установлено значительное увеличение с возрастом количества общей глии [30]. По мнению исследователей, это связано с компенсаторными и защитными реакциями, направленными на борьбу с последствиями протекающих атрофических изменений головного мозга.

Таким образом, если сложить вместе все количественные изменения, происходящие в коре мозга человека, то её истончение является неизбежным процессом, сопровождающим старение мозга человека в результате комплексных возрастных изменений, затрагивающих все структурные элементы мозга, среди которых сложно выделить основную причину, приводящую к уменьшению толщины коры.

При дифференцированном подходе к изучению особенностей, возрастных изменений в мозге человека, выявляется множество интересных фактов, имеющих практическое значения. А именно, мы выявили, что уменьшение толщины коры поля 7 мозга мужчин и женщин в процессе старения различно. У мужчин наблюдается её статистически значимое уменьшение в пожилом возрасте, а дальнейшее изменение в старческом возрасте незначительно. В свою очередь у женщин в пожилом возрасте также наблюдается уменьшение толщины коры поля 7 верхней теменной области мозга, но наибольшее уменьшение её толщины происходит в старческом возрасте. При сравнении с группой мужчин, общее уменьшение толщины коры в процессе старения у женщин больше. Полученные нами данные согласуются с результатами исследований объема серого вещества мозга мужчин и женщин в различных возрастных периодах методами магнитно-резонансной томографии, в которых описаны различия в количестве серого вещества теменной области мозга мужчин и женщин [31].

Одним из главных преимуществ изучения толщины коры на тотальных гистологических срезах мозга является возможность дифференцировать и измерить отдельные цитоархитектонические слои коры мозга. Благодаря использованию в своей работе методики изучения цитоархитектоники мозга человека, мы обнаружили отличия

толщины коры мозга мужчин и женщин в разных возрастных периодах на уровне цитоархитектонических слоёв. Сравнив толщину ассоциативного слоя III коры поля 7, мы выявили, что у мужчин его толщина значимо уменьшилась только в старческом возрасте, а у женщин уже в пожилом, причем у женщин в старческом возрасте её толщина снижается в три раза более выражено, чем у мужчин. Различия возрастных изменений в слое III коры мозга мужчин и женщин проявляются не только в отличии темпов уменьшения его толщины. По данным наших исследований, опубликованных ранее [15], в нем выявлены аналогичные тенденции в процессе старения в изменении ведущих морфометрических показателей, характеризующих его цитоархитектонику.

Заключение

Полученные нами данные свидетельствуют о различии возрастных изменений толщины коры поля 7 и толщины цитоархитектонического слоя III поля 7 коры мозга мужчин и женщин. Нами установлено, что для мужчин характерно значимое уменьшение толщины коры только в пожилом возрасте, а для женщин в пожилом и старческом возрастах. Для слоя III поля 7 коры мозга женщин, так же как и для толщины коры поля 7, характерно более раннее и более выраженное уменьшение значения его толщины по сравнению с мозгом мужчин. Таким образом, на основании результатов исследования можно говорить о наличии разных темпов старения мозга мужчин и мозга женщин.

Список литературы

- Hayashi S., Terada S., Oshima E., Sato S., Kurisu K., Takenoshita S., Yokota O., Yamada N. Verbal or Visual Memory Score and Regional Cerebral Blood Flow in Alzheimer Disease. *Dement Geriatr. Cogn. Dis. Extra.* 2018. V. 8 (1). P. 1–11. DOI: 10.1159/000486093.
- Kawamichi H., Sugawara S.K., Hamano Y.H., Kitada R., Nakagawa E., Kochiyama T., Sadato N. Neural correlates underlying change in state self-esteem. *Sci. Rep.* 2018. V. 8 (1). P. 1798. DOI: 10.1038/s41598-018-20074-0.
- Connolly J.D., Goodale M.A., Desouza J.F., Menon R.S., Vilis T. A comparison of frontoparietal fMRI activation during anti-saccades and anti-pointing. *J. Neurophysiol.* 2000. V. 84. № 3. P. 1645–1655.
- Saucier D.M., Green S.M., Leason J., MacFadden A., Bell S., Elias L.J. Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? *Behav. Neurosci.* 2002. V. 116. № 3. P. 403–410.
- 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. V. 40. № 13. P. 2397–2408.
- Гомазков О.А. Клеточные и молекулярные принципы старения мозга // *Успехи современной биологии.* 2012. Т. 132. № 2. С. 141–154.
- McGinnis S.M., Brickhouse M., Pascual B., Dickerson B.C. Age-Related Changes in the Thickness of Cortical Zones in Humans. *Brain Topography.* 2011. V. 24 (3–4). P. 279–291.
- West R.L. An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychol. Bull.* 1996. V. 120 (2). P. 272–292.
- Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В., Кадыхов А.С., Боголепова И.Н., Белопасова А.В. Функциональная асимметрия речевых структур у здоровых людей, выявляемая при помощи функциональной магнитно-резонансной томографии // В сборнике: *Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга. Экспериментальные и теоретические аспекты нейропластичности: материалы Всероссийской конференции с международным участием* / Под общ. ред.: С.Н. Иллариошкина, В.Ф. Фокина. 2010. С. 361–368.
- Sengupta S., Fritz F.J., Harms R.L., Hildebrand S., Tse D.H.Y., Poser B.A., Goebel R., Roebroeck A. High resolution anatomical and quantitative MRI of the entire human occipital lobe ex vivo at 9.4T. *Neuroimage.* 2018. V. 168. P. 162–171.
- Freeman S.H., Kandel R., Cruz L., Rozkalne A., Newell K., Frosch M.P., Hedley-Whyte E.T., Locascio J.J., Lipsitz L.A., Hyman B.T. Preservation of neuronal number despite age-related cortical brain atrophy in elderly subjects without Alzheimer disease. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 2008. V. 67 (12). P. 1205–1212.
- Nejad A.B., Fossati P., Lemogne C. Self-referential processing, rumination, and cortical midline structures in major depression. *Front. Hum. Neurosci.* 2013. V. 7. P. 666. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00666.
- Freton M., Lemogne C., Bergouignan L., Delaveau P., Lehericy S., Fossati P. The eye of the self: precuneus volume and visual perspective during autobiographical memory retrieval // *Brain Struct. Funct.* 2014. V. 219. P. 959–968. DOI: 10.1007/s00429-013-0546-2.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Префронтальная кора мозга мужчин и женщин в старческом возрасте // *Морфологические ведомости.* 2018. Т. 26. № 1. С. 28–32.
- Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Изменение цитоархитектоники поля 7 коры верхней теменной области мозга мужчин и женщин в процессе старения // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2018. № 3. С. 166–174.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Возрастные изменения цитоархитектоники коры речедвигательной зоны мозга у мужчин и женщин // *Морфологические ведомости.* 2017. Т. 25. № 1. С. 32–36.
- Павлов А.В. Морфологическая характеристика изменений цитоангиоархитектоники ядер сосцевидных тел человека в зависимости от пола и возраста // *Современные проблемы науки и образования.* 2012. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5557> (дата обращения: 20.01.2019).
- Fabricius K., Jacobsen J.S., Pakkenberg B. Effect of age on neocortical brain cells in 90+ year old human females – a cell counting study. *Neurobiol. Aging.* 2013. V. 34 (1). P. 91–99. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2012.06.009.
- Pakkenberg B., Gundersen H.J. Neocortical neuron number in humans: Effect of sex and age. *J. Comp. Neurol.* 1997. V. 384. P. 312–320.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Основные принципы структурной асимметрии корковых формаций мозга человека // *Успехи физиологических наук.* 2004. Т. 35. № 3. С. 3–19.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Оржеховская Н.С., Белогрудь Т.В. Цитоархитектоническая асимметрия корковых полей и хвостатого ядра мозга человека // *Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия.* М., 2004. С. 293–311.
- Агапов П.А., Антиухов А.Д., Боголепова И.Н. Межполушарная асимметрия плотности нейрона коры поля 7 верхней теменной области и базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин // *Фундаментальные исследования.* 2014. № 5–4. С. 725–729.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В., Малофеева И.Г., Агапов П.А. Структурная

асимметрия зоны Брока мозга женщин // Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга. Экспериментальные и теоретические аспекты нейропластичности: материалы Всероссийской конференции с международным участием / Под общ. ред.: С.Н. Иллариошкина, В.Ф. Фокина. 2010. С. 208–214.

24. Сальков В.Н., Худоевков Р.М. Гендерные и возрастные отличия морфометрических параметров нейронов в черном веществе головного мозга человека // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017. Т. 11. № 3. С. 35–40.

25. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Цитоархитектоника префронтальной коры мозга женщин в пожилом возрасте // *Морфологические ведомости*. 2016. Т. 24. № 3. С. 8–14.

26. Шемяков С.Е., Николенко В.Н., Саркисян К.Д. Возрастные изменения морфометрических показателей нейронов гиппокампа человека // *Морфология*. 2016. Т. 150. № 4. С. 16–19.

27. Ишунина Т.А. Размеры ядер и перикарионов нейронов базального ядра Мейнерта и заднего гипоталамуса в разных возрастных группах // *Успехи геронтологии*. 2015. Т. 28. № 1. С. 37–41.

28. Pannese E. Morphological changes in nerve cells during normal aging. *Brain Struct. Funct.* 2011. V. 216(2). P. 85–89.

29. Сероух А.Г., Масловский С.Ю. Возрастные различия нейроно-глиально-капиллярных взаимоотношений мануальной области постцентральной извилины головного мозга женщин // *Морфология*. 2009. Т. III. № 3. С. 177–181.

30. Verkhatsky A., Rodríguez J.J., Parpura V. Neuroglia in ageing and disease. *Cell Tissue Res.* 2014. V. 357(2). P. 493–503. DOI: 10.1007/s00441-014-1814-z.

31. Gur R.C., Gunning-Dixon F.M., Turetsky B.I., Bilker W.B., Gur R.E. Brain region and sex differences in age association with brain volume: a quantitative MRI study of healthy young adults. *Am. J. Geriatr. Psychiatry.* 2002. V. 10 (1). P. 72–80.