

DOI: 10.18499/2225-7357-2019-8-2-9-14

УДК 611.811.018

03.03.04 – клеточная биология, цитология, гистология

© Коллектив авторов, 2019

Нейроглиальный комплекс префронтальной коры мозга мужчин и женщин в старческом возрасте

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

ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия

Целью настоящего исследования явилось изучение нейроглиального комплекса поля 10 префронтальной коры мозга у мужчин и у женщин в старческом возрасте в сравнении аналогичными показателями лиц пожилого возраста.

Материал и методы. Изучение нейроглиального комплекса проведено на сериях фронтальных тотальных срезов мозга 5 мужчин и 5 женщин старческого возраста. Всего было исследовано 20 полушарий. Материал для исследования получали не позднее 24 ч после смерти, фиксировали в 10% растворе формалина. Парафиновые срезы толщиной 20 мкм окрашивали крезилем фиолетовым по методу Ниссля. Изучали плотность расположения пирамидных нейронов, общей глии, сателлитных глиоцитов и нейронов, окруженных ими. Статистическая обработка данных выполнена в программе STATISTICA 12.

Результаты. Выявлены гендерные различия возрастных изменений морфометрических характеристик нейроглиального комплекса поля 10 префронтальной коры мозга мужчин и женщин. У мужчин в старческом возрасте при сравнении с пожилым установлено более выраженное, чем у женщин уменьшение плотности расположения нейронов, доли сателлитных глиоцитов, увеличение плотности общей глии, глиального индекса. У мужчин эти изменения более выражены в левом полушарии мозга, у женщин – в обоих полушариях одинаково.

Заключение. В результате настоящего исследования установлены особенности нейроглиального комплекса поля 10 префронтальной коры мозга мужчин и женщин в старческом возрасте. Выявлено более выраженное уменьшение плотности расположения пирамидных нейронов и сателлитных глиоцитов в цитоархитектоническом слое III коры поля 10 мозга мужчин по сравнению с тем же слоем мозга женщин.

Ключевые слова: мозг, мужчины, женщины, префронтальная кора, нейроны, нейро глиа.

Neuroglial Complex of the Prefrontal Cortex in Men and Women of the Senile Age

© I. N. Bogolepova, L. I. Malofeeva, P. A. Agapov, 2019

Research Center of Neurology, Moscow, Russia

The aim of study was to investigate the neuroglial complex of the prefrontal cortex BA10 area in men and women of the senile age in comparison with the similar parameters in the elderly people.

Material and methods. The study of the neuroglial complex was carried out on a series of frontal total sections of 5 male and 5 female brains in people of the senile age. Totally 20 male and female brain hemispheres were studied. The material was obtained no later than 24 hours after death and was fixed in 10% formalin solution. 20-micron-thick samples were stained with cresyl violet using Nissl method. The density of neurons, total glia, satellite gliocytes and neurons surrounded by them were investigated. Statistical data processing was performed in STATISTICA 12.

Results. The study revealed gender age-related differences of the neuroglial complex morphometric parameters of the prefrontal cortex BA10 area in men and women. The decrease in the density of neurons, the proportion of satellite glia, the increase in the density of total glia were more significantly expressed in senile men than in senile women. These changes were more pronounced in the left hemisphere of the male brain and equally pronounced in both hemispheres in the female brain.

Conclusion. Thus, this study detected features of the neuroglial complex of the prefrontal cortex BA10 area in men and women of the senile age. There was revealed the more significant decrease in the density of pyramidal neurons and satellite gliocytes in the cytoarchitectonic layer III of the prefrontal cortex BA10 area of the male brain compared with the similar layer of the female brain.

Key words: brain, men, women, prefrontal cortex, neurons, neuroglia.

*Автор для переписки:

Боголепова Ирина Николаевна
ФГБНУ «Научный центр неврологии», пер. Обуха, 5,
г. Москва, 105064, Российская Федерация.
E-mail: bogolepovaira@gmail.com

*Corresponding author:

Irina Bogolepova
Research Center of Neurology, per. Obukha, 5, Moscow,
105064, Russian Federation
E-mail: bogolepovaira@gmail.com

Введение

В настоящее время в биологии и медицине большое внимание уделяется изучению взаимодействия нейронов и нейроглии. Современные данные свидетельствуют о том, что глия выполняя опорную, разграничительную, трофическую, защитную, секреторную, транспортную функции, обеспечивает нормальную

деятельность отдельных нейронов и всего мозга в целом. Нарушение баланса нейроглиальных взаимоотношений способствует развитию большого количества заболеваний нервной системы [7–9, 14]. Нейроглиальный комплекс является системой более высокого порядка, чем единичный нейрон. Вокруг активно функционирующих нейронов отмечается увеличение количества перинейрональной (сателлитной) глии.

Старение является очень сложным и многокомпонентным процессом. Долгое время ученые изучали, в основном, изменения нейронов в процессе старения [23, 25]. Важную роль в изучении процесса старения мозга играют исследования особенностей изменения различных типов нейронов в разные возрастные периоды. При старении отмечается селективная гибель α -моторных нейронов [24].

Некоторые авторы считают, что крупные нейроны страдают в первую очередь при старении. Особая уязвимость этих клеток была также выявлена при исследовании мозга макаки-резус [17, 27].

В последние годы в литературе появились работы, оценивающие не только степень изменения нейронов, но и показывающие большую роль нейроглии в процессе старения мозга человека [12, 18, 28]. В современной литературе появляются исследования, демонстрирующие различное участие астроглии, олигодендроглии и микроглии в процессе старения. Возрастные изменения и уменьшение числа олигодендроглии наблюдались у мышей с ускоренным старением, а также при старении мозга других животных [19, 20, 30]. Эти авторы демонстрируют возрастное подавление олигоспецифических генов, что сопровождается уменьшением количества олигодендроглиозитов в некоторых областях мозга человека в старческом возрасте [15, 26].

В создании сложных когнитивных схем и планов действий, принятии решений, контроле и регуляции внутренней среды, социального поведения главную роль играет префронтальная кора лобной области мозга [22, 11, 13, 21, 29, 31, 32]. С возрастом наблюдается снижение когнитивных функций мозга человека, а, следовательно, возможно изменение количественных соотношений нейронов и сателлитной глии, которые по-разному могут быть выражены у мужчин и женщин в различные периоды жизни [1, 3]. Вопрос гендерных различий возрастных изменений этих соотношений освещен в литературе поверхностно.

Целью настоящего исследования явилось изучение нейроглиального комплекса поля 10 префронтальной коры мозга у мужчин и женщин старческого возраста в сравнении аналогичными показателями лиц пожилого возраста.

Материал и методы исследования

Исследован мозг 10 лиц старческого возраста – 5 мужчин (средний возраст составил 86 ± 2.3 года) и 5 женщин (средний возраст – 83.2 ± 2.9 года), умерших от соматической патологии или несчастного случая и не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями. Всего изучено 20 полушарий головного мозга. Полученные данные были сопоставлены с результатами исследования мозга 5 мужчин и 5 женщин пожилого возраста, изученных нами ранее. Взятие материала осуществлялось в течение 24 ч после смерти. Каждое полушарие разрезали на макротоме «Sartorius Werke» (Германия) на пять равных блоков, толщиной в пределах 3.5 см. Разрезанные блоки помещали в емкость с 10% раствором нейтрального формалина на 7–10 дней. После фиксации в формалине мозг обезжизняли в спиртах возрастающих концентраций и изготавливали парафиновые блоки. Срезы толщиной 20 мкм получали на микротоме «Sartorius Werke» (Германия). Каждое полушарие резали на 8000–10000 срезов. Каждый 40-й срез окрашивали крезилем фиолетовым по методу Ниссля.

Дифференцировка поля 10 проводилась по цитоархитектонической классификации корковых полей, принятой в Института мозга [10]. Морфометрические исследования проводены на извилинах базальной поверхности полушарий мозга на уровне 1–2.5 см от лобного полюса. На комплексе анализа изображений «Leica» (Германия) в поле зрения площадью 41500 мкм² подсчитывали плотность нейронов; всей нейроглии; сателлитных глиоцитов; нейронов, окруженных сателлитными глиоцитами. В каждом полушарии мозга подсчет данных показателей был проведен в семи полях зрения (об. 40, ок. 10). Сателлитными глиоцитами считались те, которые располагались от нейронов на расстоянии диаметра ядра глиоцита. Подсчитывали нейроны и глиоциты с четким контуром и ядром. Статистическая обработка данных выполнена в программе STATISTICA 12. Вычислялось среднеарифметическое значение изученных показателей и его ошибки. Данные приведены из расчета на одно поле зрения микроскопа. О статистической достоверности различий судили с использованием парного теста Вилкоксона, U-критерия Манна–Уитни, значимыми считали различия при уровне $p \leq 0.05$.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом, протокол заседания №10-3/18 от 28.11.2018.

Результаты и их обсуждение

Визуальное изучение поля 10 префронтальной коры мозга мужчин и женщин в старческом возрасте в сопоставлении с пожи-

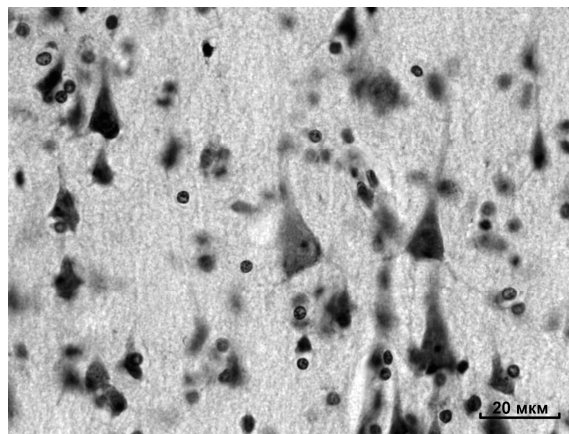
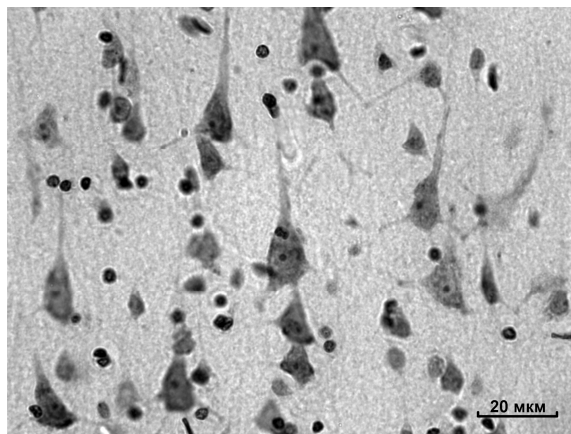


Рис. 1. Цитоархитектонический слой III коры поля 10 префронтальной области мозга мужчин в пожилом (слева) и старческом возрасте (справа). Окраска по методу Ниссля крезиллом фиолетовым. Об. 40, ок. 10.

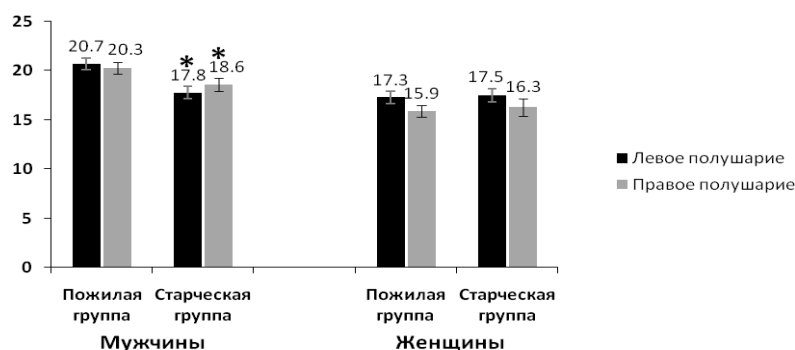


Рис. 2. Плотность нейронов цитоархитектонического слоя III коры поля 10 префронтальной области мозга мужчин и женщин различных возрастных групп. Обозначения: по оси ординат – плотность нейронов в одном поле зрения микроскопа; * – статистически значимые различия между старческой и пожилой группами ($p \leq 0.05$).

лым показало значительное изменение цитоархитектоники и гистологической структуры нейроглиального комплекса, наиболее выраженной в ассоциативном слое III. В поле зрения препарата наблюдается значительное уменьшение количества нейронов и увеличение числа общей глии, отчетливо выделяются очаги клеточного опустошения (рис. 1).

Данные морфометрического исследования также показали, что в группе мужчин старческого возраста при сравнении с группой мужчин пожилого возраста в ассоциативном слое III поля 10 префронтальной коры лобной области мозга отмечается дальнейшее снижение плотности расположения нейронов. В левом полушарии мозга оно более значительное и составляет 11% ($p=0.01$), в правом – 8.4% ($p=0.05$) (рис. 2).

В группе женщин старческого возраста в отличие от мужчин плотность расположения нейронов в изученной структуре мозга мало изменяется и статистически значимо не отличается от аналогичной в пожилом возрасте как в левом полушарии мозга ($p=0.68$), так и в правом ($p=0.64$).

В старческом возрасте при сопоставлении с пожилым, как у мужчин, так и у женщин нами выявлено снижение плотности нейронов, окруженных сателлитной глией. Следует отметить, что в обеих популяциях изменение величины данного показателя больше выражены в левом полушарии мозга. У мужчин в старческой группе при сравнении

с пожилой количество нейронов, окруженных сателлитной глией, в левом полушарии мозга снизилось на 15.9% ($p=0.00$), в правом полушарии значительно меньше – на 8.7% ($p=0.32$).

В группе женщин старческого возраста при сопоставлении с группой пожилого возраста в изученной структуре мозга были выявлены аналогичные с мужчинами межполушарные различия возрастных изменений плотности расположения нейронов, окруженных сателлитной глией. В левом полушарии мозга снижение величины данного показателя составило 18.4% ($p=0.01$), в правом значительно меньше – 8.5% ($p=0.23$).

Одним из характерных признаков инволюционных изменений нейроглиального комплекса мозга человека является значительное снижение плотности расположения сателлитных глиоцитов. Следует также подчеркнуть, что у мужчин оно больше выражено в левом полушарии мозга, где плотность расположения сателлитной глии в старческом возрасте при сравнении с аналогичной в пожилом уменьшается в левом полушарии мозга на 25.1% ($p=0.00$), в то время как в правом – всего на 15.2% ($p=0.08$) (рис. 3).

Доля сателлитной глии от численной плотности всех глиоцитов также уменьшается в старческом возрасте. Так у мужчин в пожилом возрасте она составляет в левом и правом полушарии 32.9% и 27.8%, в старческом возрасте – 21.7% и 24.1% соответственно.

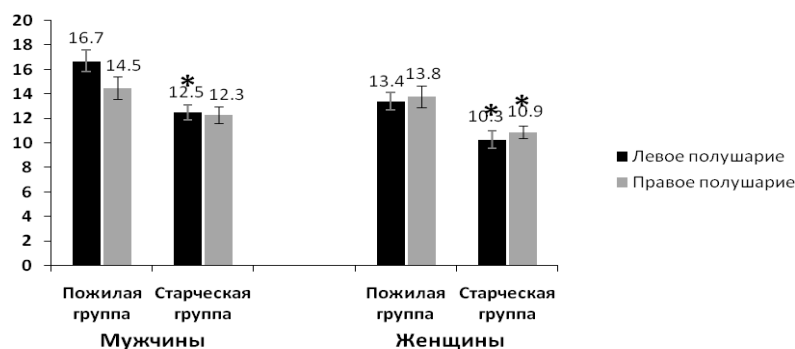


Рис. 3. Плотность сателлитной глии цитоархитектонического слоя III коры поля 10 префронтальной области мозга мужчин и женщин различных возрастных групп. Обозначения: по оси ординат – плотность сателлитной глии в одном поле зрения микроскопа; * – статистически значимые различия старческой группы от пожилой группы ($p \leq 0.05$).

У женщин старческого возраста при сравнении с пожилым в слое III коры поля 10 также выявлено значительное снижение плотности расположения сателлитной глии. В отличие от мужчин величина этого показателя уменьшается у женщин симметрично в левом (на 23.1%, $p=0.01$) и в правом (на 21.0%, $p=0.01$) полушариях мозга (рис. 3).

В отличие от мужчин доля сателлитной глии от численной плотности всей глии у женщин в пожилой и старческой группах значимо не отличается в обоих полушариях мозга. В пожилом возрасте в левом и правом полушарии мозга она равна 23.7% и 24.6%, в старческом возрасте – 22.9% и 22.8% соответственно.

В префронтальной коре мозга мужчин и женщин нами выявлены гендерные различия возрастных изменений плотности расположения общей глии. Так, у мужчин в старческой группе при сравнении с пожилой плотность расположения всех глиоцитов увеличивается на 9.7% в левом полушарии мозга и снижается на 2.7% в правом. Однако, возрастные изменения величины данного показателя статистически не значимы как в левом ($p=0.21$), так и в правом ($p=0.66$) полушариях мозга. Были выявлены индивидуальные особенности старения мозга, как в мужской, так и в женской популяции [2, 5].

У женщин старческого возраста при сравнении с пожилыми наблюдается резкое снижение плотности расположения общей глии. В левом полушарии мозга величина данного показателя в слое III поля 10 снижается на 20.7% ($p=0.00$), в правом – на 19.2% ($p=0.00$). Следует отметить, что у женщин по сравнению с мужчинами в левом и правом полушариях в изученной структуре мозга отмечается более симметричное уменьшение величины данного показателя.

Исследование нейроглиального комплекса поля 10 префронтальной коры лобной области мозга мужчин и женщин в старческом возрасте при сравнении с пожилым выявило ряд гендерных различий. У мужчин в ассоциативном слое III коры поля 10 отмечается более выраженное уменьшение плотности расположения нейронов, доли сателлитных глиоцитов, наблюдается увеличение плотности расположения общей глии, гли-

ального индекса. У мужчин инволюционные изменения нейроглиальных соотношений в старческом возрасте при сопоставлении с пожилым в большей степени выражены в левом полушарии, у женщин одинаково в обоих полушариях.

В результате проведенного исследования были выявлены гендерные особенности возрастных изменений нейронов и глии поля 10 префронтальной коры мозга мужчин и женщин. Одним из основных признаков старения поля 10 префронтальной коры является уменьшение плотности расположения нейронов, причем у мужчин наблюдается более заметное снижение плотности нервных клеток в цитоархитектоническом слое III коры поля 10 по сравнению с аналогичным слоем мозга женщин. Такое снижение плотности нейронов может быть связано с уменьшением числа сосудов в коре, размера самих нейронов, числа дендритов. Новым фактом, отмеченным в данной работе, является снижение числа нейронов, окруженных сателлитной глией и снижение плотности сателлитной глии. Наши данные согласуются с данными авторов, которые также показывали снижение сателлитной глии в корковых формациях мозга в процессе старения, причем в особенности олигодендроглии [19, 20].

В процессе изучения старения нами были отмечены определенные индивидуальные различия возрастных изменений нейронов и глии поля 10 префронтальной коры мозга мужчин и женщин, что было показано в наших более ранних работах [2, 6], что, по-видимому, взаимосвязано с особенностями поведения, памяти, эмоций и когнитивных функций человека. Ряд авторов считают, что увеличение числа глии, возможно, повышает способность человека к обучению и к сохранению памяти [16].

В результате проведенного исследования была установлена закономерность в виде существенно различающихся возрастных изменений нейроглиальных взаимоотношений коры поля 10 в правом и левом полушарии мозга мужчин и женщин. Наши данные показывают, что наибольшие изменения происходят в процессе старения в левом полушарии по сравнению с правым. Гетерогенность возрастных изменений корковых формаций моз-

га в левом и правом полушариях мозга человека были нами также отмечены и в других работах [4].

Заключение

Основным цитоархитектоническим признаком старения нейроглиального комплекса поля 10 префронтальной коры мозга мужчин и женщин в старческом возрасте является резкое уменьшение плотности расположения нейронов, особенно в ассоциативном цитоархитектоническом слое III. Наиболее значимое уменьшение плотности нейронов в старческом возрасте было установлено в поле 10 коры мозга мужчин по сравнению с аналогичным полем мозга женщин. Было выявлено уменьшение плотности расположения сателлитной глии в поле 10 префронтальной коры мозга мужчин и женщин. Показаны межполушарные различия возрастных изменений нейроглиального комплекса поля 10 коры мозга у мужчин и у женщин в старческом возрасте.

Полученные данные позволяют подойти к проблеме понимания основных механизмов старения корковых формаций в левом и правом полушариях мозга мужской и женской популяции, а также предсказать доклинические формы некоторых неврологических и психиатрических заболеваний.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References

1. Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Изменение размера нейронов и плотности нейронов и глии поля 7 коры мозга женщин в процессе старения. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017; 5–2:274–80 [Agapov PA, Bogolepova IN, Malofeeva LI. Changing the size of neurons and the density of neurons and glays of area 7 of the women's brain crease in the aging process. International journal of applied and fundamental research. 2017; 5–2:274–80] (in Russian).
2. Боголепова И.Н. Морфологические особенности индивидуального строения мозга человека. Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 1982; 82(7):972 [Bogolepova IN. Morfologicheskie osobennosti individual'nogo stroeniya mozga cheloveka. Zhurnal nevropatologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova. 1982; 82(7):972] (in Russian).
3. Боголепова И.Н. Нейроглиальные взаимоотношения как один из показателей индивидуальной вариабельности мозга человека. Морфология. 1993; 105(7–8):21–2 [Bogolepova I.N. Neuroglial'nye vzaimootnosheniya kak odin iz pokazatelei individual'noi variabel'nosti mozga cheloveka. Morfologiya. 1993; 105(7–8):21–2] (in Russian).
4. Боголепова И.Н. Строение и развитие гиппокампа человека в пренатальном онтогенезе. Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 1970; 70 (6): 857–63 [Bogolepova IN. Structure and development of the human hippocampus in prenatal ontogenesis. Neuroscience Translations. 1970; 4(4): 56–62] (in Russian).
5. Боголепова И.Н. Цитоархитектонические критерии индивидуальной вариабельности мозга человека. Морфология. 2000; 117(3):24 [Bogolepova IN. Tsitoarkhitektonicheskie kriterii individual'noi variabel'nosti mozga cheloveka. Morfologiya. 2000; 117(3):24] (in Russian).
6. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Основные принципы структурной асимметрии корковых формаций мозга человека. Uspekhi fiziologicheskikh nauk. 2004; 35(3):3–19 [Bogolepova IN, Malofeeva LI. Basic Principles of Structural Asymmetry of Cortex Formations in the Human Brain. 2004; 35(3):3–19] (in Russian).
7. Горюнов С.А., Процкий С.В., Охотин В.Е., Павлова Г.В., Ревущин А.В., Потанов А.А. О роли астроглии в головном мозге в норме и патологии. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2013; 7(7):45–52 [Goryaynov SA, Protsky SV, Okhotin VE, Pavlova GV, Revischin AV, Potapov AA. About astroglia in the brain and pathology. Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii. 2013; 7(7):45–52] (in Russian).
8. Мыщик А.В., Степанов С.С., Ларионов П.М., Акулинин В.А. Актуальные проблемы изучения структурно-функционального состояния нейронов коры большого мозга человека в постшемическом периоде. Журнал анатомии и гистопатологии. 2012; 1(1):37–47 [Mytsik AV, Stepanov SS, Larionov PM, Akulinin VA. Actual Problems in the Study of Structural and Functional State of Neurons in the Human Cerebral Cortex in Postischemic Period. Journal of anatomy and histopathology. 2012; 1(1):37–47] (in Russian).
9. Салмина А.Б., Окунева О.С., Таранушенко Т.Е., Фурсов А.А., Прокопенко С.В., Михуткина С.В., Малиновская Н.А., Тагаева Г.А. Роль нейрон-астроглиальных взаимодействий в дисрегуляции энергетического метаболизма при ишемическом перинатальном поражении головного мозга. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2008; 2 (3):44–51 [Salmina AB, Okuneva SO, Taranushenko TE, Fursov AA, Prokopenko SV, Mikhutkina SV, Malinovskaya NA, Tagaeva GA. Neuron-astroglial interactions in dysregulation of energy metabolism in perinatal ischemic brain damage. Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii. 2008; 2 (3):44–51] (in Russian).
10. Цитоархитектоника коры большого мозга человека. Под ред. Саркисова С.А., Филимонова И.Н., Преображенской Н.С. Москва; 1949: 449 [Tsitoarkhitektonika kory bol'shogo mozga cheloveka. Pod red. Sarkisova S.A., Filimonova I.N., Preobrazhenskoi N.S. Moscow; 1949: 449] (in Russian).
11. Alexander WH, Vassena E, Deraeve J, Langford ZD. Integrative Modeling of Prefrontal Cortex. Journal of Cognitive Neuroscience. 2017 Oct;29(10):1674–83. doi: 10.1162/jocn_a_01138
12. Bilkei-Gorzo A, Albayram O, Ativie F, Chasan S, Zimmer T, Bach K, et al. Cannabinoid 1 receptor signaling on GABAergic neurons influences

- astrocytes in the ageing brain. Biagini G, editor. PLOS ONE. 2018 Aug 16;13(8):e0202566. doi: 10.1371/journal.pone.0202566
13. Braver TS, Bongiolatti SR. The Role of Frontopolar Cortex in Subgoal Processing during Working Memory. *NeuroImage*. 2002 Mar;15(3):523–36. doi: 10.1006/nimg.2001.1019
14. Cerbai F, Lana D, Nosi D, Petkova-Kirova P, Zecchi S, Brothers HM, et al. The Neuron-Astrocyte-Microglia Triad in Normal Brain Ageing and in a Model of Neuroinflammation in the Rat Hippocampus. Norris CM, editor. PLoS ONE. 2012 Sep 18;7(9):e45250. doi: 10.1371/journal.pone.0045250
15. Fabricius K, Jacobsen JS, Pakkenberg B. Effect of age on neocortical brain cells in 90+ year old human females—a cell counting study. *Neurobiology of Aging*. 2013 Jan;34(1):91–9. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2012.06.009
16. Fields RD. The Other Half of the Brain. *Scientific American*. 2004 Apr;290(4):54–61. doi: 10.1038/scientificamerican0404-54
17. Gilman JP, Medalla M, Luebke JI. Area-specific features of pyramidal neurons – a comparative study in mouse and rhesus monkey. *Cereb. Cortex*. 2017 Mar 1;27(3):2078–94. doi: 10.1093/cercor/bhw062
18. Harry GJ. Microglia during development and aging. *Pharmacology & Therapeutics*. 2013 Sep;139(3):313–26. doi: 10.1016/j.pharmthera.2013.04.013
19. Hayakawa N, Kato H, Araki T. Age-related changes of astorocytes, oligodendrocytes and microglia in the mouse hippocampal CA1 sector. *Mechanisms of Ageing and Development*. 2007 Apr;128(4):311–6. doi: 10.1016/j.mad.2007.01.005
20. Hwang IK, Yoo K-Y, Kim DS, Kang T-C, Lee B-H, Kim Y-S, et al. Chronological Distribution of Rip Immunoreactivity in the Gerbil Hippocampus During Normal Aging. *Neurochemical Research*. 2006 Aug 22;31(9):1119–25. doi: 10.1007/s11064-006-9129-4
21. Koechlin E, Hyafil A. Anterior Prefrontal Function and the Limits of Human Decision-Making. *Science*. 2007 Oct 26;318(5850):594–8. doi: 10.1126/science.1142995
22. Luria AR. Neuropsychology and its importance for medical and for behavioral sciences. *Revista del Hospital Psiquiatrico de la Habana*. 1973; 14(3): 437–447.
23. Mavroudis IA, Manani MG, Petrides F, Dados D, Ciobica A, Padurariu M, et al. Original article Age-related dendritic and spinal alterations of pyramidal cells of the human visual cortex. *Folia Neuropathologica*. 2015;53(2):100–10. doi: 10.5114/fn.2015.52406
24. Molofsky AV, Kelley KW, Tsai H-H, Redmond SA, Chang SM, Madireddy L, et al. Astrocyte-encoded positional cues maintain sensorimotor circuit integrity. *Nature*. 2014 Apr 28;509(7499):189–94. doi: 10.1038/nature13161
25. Oliveira-Pinto AV, Andrade-Moraes CH, Oliveira LM, Parente-Bruno DR, Santos RM, Coutinho RA, et al. Do age and sex impact on the absolute cell numbers of human brain regions? *Brain Structure and Function*. 2015 Sep 28;221(7):3547–59. doi: 10.1007/s00429-015-1118-4
26. Pelvig DP, Pakkenberg H, Stark AK, Pakkenberg B. Neocortical glial cell numbers in human brains. *Neurobiology of Aging*. 2008 Nov;29(11):1754–62. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2007.04.013
27. Peters A, Kemper T. A review of the structural alterations in the cerebral hemispheres of the aging rhesus monkey. *Neurobiology of Aging*. 2012 Oct;33(10):2357–72. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2011.11.015
28. Salminen A, Ojala J, Kaarniranta K, Haapasalo A, Hiltunen M, Soininen H. Astrocytes in the aging brain express characteristics of senescence-associated secretory phenotype. *European Journal of Neuroscience*. 2011 Jun 7;34(1):3–11. doi: 10.1111/j.1460-9568.2011.07738.x
29. Shallice T, Cipolotti L. The Prefrontal Cortex and Neurological Impairments of Active Thought. *Annual Review of Psychology*. 2018 Jan 4;69(1):157–80. doi: 10.1146/annurev-psych-010416-044123
30. Shimeda Y, Hirofumi Y, Akimoto Y, Shindou K, Ijiri Y, Nishihori T, et al. Protective Effects of Capsaicin against Cisplatin-Induced Nephrotoxicity in Rats. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*. 2005;28(9):1635–8. doi: 10.1248/bpb.28.1635
31. Watanabe M. Emotional and Motivational Functions of the Prefrontal Cortex. *Brain Nerve*. 2016; 68(11):1291–9. doi: 10.11477/mf.1416200593
32. Yang Y, Raine A. Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: A meta-analysis. *Psychiatry Research: Neuroimaging*. 2009 Nov;174(2):81–8. doi: 10.1016/j.psychres.2009.03.012

Поступила в редакцию 9.02.2019
Принята в печать 25.04.2019

Received 9.02.2019
Accepted 25.04.2019

Для цитирования: Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А. Нейроглиальный комплекс префронтальной коры мозга мужчин и женщин в старческом возрасте. Журнал анатомии и гистопатологии. 2019; 8(2): 9–14. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-2-9-14

For citation: Bogolepova I.N., Malofeeva L.I., Agapov P.A. Neuroglial complex of the prefrontal cortex in men and women of the senile age. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2019; 8(2): 9–14. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-2-9-14