

УДК 611.811.018

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРА НЕЙРОНОВ И ПЛОТНОСТИ НЕЙРОНОВ И ГЛИИ ПОЛЯ 7 КОРЫ МОЗГА ЖЕНЩИН В ПРОЦЕССЕ СТАРЕНИЯ**Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И.***ФГБНУ Научный центр неврологии, Москва, e-mail: pavelscn@yandex.ru*

Исследованы возрастные изменения цитоархитектоники поля 7 коры верхней теменной области мозга женщин трех возрастных групп: I группа – зрелый возраст (от 19 до 33 лет); II группа – пожилой возраст (от 63 до 73 лет); III группа – старческий возраст (от 80 до 87 лет). Всего исследовано 30 полушарий мозга, по 10 полушарий в каждой возрастной группе. Современными морфометрическими методами были изучены следующие морфометрические характеристики цитоархитектонических слоёв III и V поля 7 коры мозга женщин: площадь профильного поля пирамидных нейронов, плотность нейронов, плотность нейронов, окруженных сателлитной глией, плотность сателлитной глии и плотность общей глии. Установлено, что морфологические изменения изученной области коры начинается уже в пожилом возрасте. Выявленные изменения изученных показателей в процессе старения мозга женщин протекают плавно. Наибольшее изменение значения профильного поля пирамидных нейронов и плотности сателлитной глии наблюдаются в слое III по сравнению со слоем V, то есть для ассоциативного слоя III характерно более раннее изменение его морфологической структуры, а в слое V оно наступает позже.

Ключевые слова: мозг женщины, цитоархитектоника, поле 7, возрастные изменения, нейрон, глия, кора мозга

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**Agapov P.A., Bogolepova I.N., Malofeeva L.I.***Research Center of Neurology, Moscow, e-mail: pavelscn@yandex.ru*

Age-related changes in the cytoarchitecture of the area 7 of the cortex of the upper parietal region of the brain of women of three age groups were studied: group I – mature age (19 to 33 years); Group II – the elderly (from 63 to 73 years); III group – old age (from 80 to 87 years). A total of 30 hemispheres of the brain, 10 hemispheres in each age group, were examined. Modern morphometric methods were used to study the following morphometric characteristics of cytoarchitectonic layers III and V of area 7 of the female cerebral cortex: the area of the profile field of pyramidal neurons, the density of neurons, the density of neurons surrounded by satellite glial cells, the density of satellite glial cells, and the density of total glial cells. It is established that the morphological changes in the studied cortical area begin already in the elderly. The revealed changes of the studied parameters during the aging of the brain of women proceed smoothly. The greatest change in the value of the profile field of pyramidal neurons and the density of satellite glial cells is observed in layer III as compared with layer V, that is, associative layer III is characterized by an earlier change in its morphological structure, and in layer V it comes later.

Keywords: woman's brain, cytoarchitecture, area 7, age changes, neuron, glial cells, brain cortex

Изучение вопросов возрастных изменений организма человека не теряет свою актуальность на протяжении многих лет, причем в последнее время проблемы старения и связанные с ним морфологические и физиологические изменения, происходящие в организме человека, становятся особенно актуальными.

В подавляющем большинстве стран мира условия проживания людей стали неизмеримо более комфортными по сравнению с недалеким прошлым, а развитие здравоохранения и различных медицинских технологий в последние годы вышло на принципиально новый уровень, что, несомненно, играет ключевую роль в увеличении продолжительности жизни людей. Однако из-за неблагоприятной экологической обстановки в городах, в которых проживает большая часть населения земли и связанные с этим особенности их жизнедеятельности, например недостаток физической

активности, повышенный стресс и другие внешние факторы привели к омоложению многих заболеваний, в особенности неврологических, которые до недавнего времени обнаруживались в основном у людей пожилого возраста. Данные тенденции затрагивают не только отдельных индивидов, страдающих такими заболеваниями, и имеют не только гуманистический аспект, но также и экономический, привнося значительный ущерб для экономики. В связи с этим интерес к исследованию проблем старения возрастает не только в научных и медицинских кругах, но и на государственном уровне, что требует детального изучения процессов качественных преобразований систем органов человека, чему сегодня посвящено огромное количество фундаментальных и прикладных медицинских исследований.

В течение жизни в организме происходит множество изменений влияющих на функциональное состояние как всего организма,

так и отдельных органов и клеток, составляющих их. Непосредственно в области наук о мозге революционные морфометрические данные получены благодаря современным методам нейровизуализации [3, 6, 17].

Различными методами показано возрастное снижение массы тела человека в целом и его внутренних органов, однако имеются некоторые органы, которые с возрастом увеличиваются [16]. Что касается объекта нашего исследования – мозга человека, методами магнитно-резонансной томографии при жизни человека подсчитан объем мозга человека в разных возрастных периодах и выявлено возрастное уменьшение отдельных структур мозга в результате протекающих процессов атрофии, а также снижение объема белого и серого вещества мозга. В целом, в литературе отмечается, что уменьшение массы мозга человека в среднем происходит на 2,5% в течение каждого десятилетия после 30 лет [1]. Изменение линейных характеристик мозга происходит аналогично изменениям, происходящим во всем организме – большинство структур в старческом возрасте уменьшается, например, средняя длина и высота полушарий уменьшается, также уменьшается объем подкорковых ядер, однако есть структуры, размер которых в старческом возрасте возрастает. Если в теле человека постепенно увеличивается количество жировой ткани [13, 14], то в мозге с возрастом увеличиваются объем желудочков мозга [28] и в старческом возрасте у мужчин увеличивается ширина таламуса [11].

С возрастом, в организме человека меняется не только размер, объем и вес органов, но также происходят и качественные изменения клеток, составляющих различные ткани тела человека. Непосредственно в мозге уменьшается не только количество нейронов – происходит перестройка глио – нейрональных соотношений, при которых количество нейронов в старости снижается, а количество глиальных клеток, принимающих участие в различных компенсаторных процессах, наоборот увеличивается [2, 7, 5].

Вопросы, посвященные возрастным изменениям количественных и объемных изменений коры мозга человека, рассматриваются во многих работах, однако среди этих публикаций авторы редко выделяют отдельные цитоархитектонические поля, в литературе чаще приводятся усредненные данные на весь мозг или его доли, а работы, раскрывающие механизмы старения верхней теменной области и, в частности цитоархитектонического поля 7 практически отсутствуют. Кроме того, известно, что возрастные изменения в коре и подкорковых ядрах мозга

человека протекают неравномерно – разные структуры мозга начинают стареть в разное время. Поэтому для целостного понимания процесса старения мозга важно знать, как меняется мозг не только в целом, но и как меняются его отдельные структуры.

Цель работы – изучение возрастных изменений цитоархитектонического поля 7 коры верхней теменной области мозга женщин.

Непосредственно цитоархитектоническое поле 7 коры мозга человека, находясь на стыке постцентральной и затылочной областей, участвует в интеграции двигательной и зрительной информации. Предполагается участие верхней теменной области в интегративной деятельности мозга посредством влияния на сеть структур, участвующих в обработке когнитивной информации, без прямого анализа внешних стимулов, в обработке которых главная роль принадлежит первичным и вторичным сенсорным полям коры мозга. К наиболее значимым функциям верхней теменной области относят процессы переключения и поддержания внимания и участие в восприятии пространства. Верхняя теменная область и непосредственно цитоархитектоническое поле 7 принимает участие в фиксации зрительного образа, в контроле движений и слежении за движениями рук. [21, 23]. Она также задействована во вторичной переработке зрительной информации и восстановлении из памяти зрительных образов [32].

Материалы и методы исследования

Изучение коры поля 7 мозга женщин проведено на непрерывной серии фронтальных парафиновых срезов левых и правых полушарий мозгов 15 женщин трех возрастных групп (зрелая группа – от 19 до 33 лет, пожилая группа – от 63 до 73 лет, старческая группа – от 80 до 87 лет). Окраска препаратов выполнена по методу Ниссля. Толщина срезов составляла 20 мкм. Во всех случаях изучался мозг женщин, умерших от несчастного случая или соматической патологии и не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями.

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

Изучены следующие морфометрические показатели в слоях III³ и V коры поля 7 – площадь профильного поля пирамидных нейронов, плотность пирамидных нейронов, плотность пирамидных нейронов, окруженных сателлитной глией, плотность сателлитной глии и плотность общей глии. Данные плотности приведены на 0,001 мм³ с учетом поправки Абберкромби.

Исследования выполнены на комплексе электронно-оптического анализа изображений «Диа-Морф» (об. x100, ок. x10). Измерению и учету подлежали только сохранные нейроны с ядром и ядрышком.

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 8.0. Отличия изученных характеристик определялись с использованием U-критерия Манна – Уитни, отличия считались достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Уменьшение значения профильного поля пирамидных нейронов цитоархитектонического слоя III коры поля 7 мозга женщин статистически значимо происходит уже в пожилом возрасте, составляя $188,5 \text{ мкм}^2$ в левом полушарии и $198,8 \text{ мкм}^2$ в правом полушарии, что на 12% меньше, чем аналогичные показатели в группе женщин зрелого возраста у которых среднее значение профильного поля пирамидных нейронов равнялось слева $214,6 \text{ мкм}^2$, а справа $225,2 \text{ мкм}^2$. В старческом возрасте продолжается плавное уменьшение данного показателя еще на 7% слева и 11% справа, достигая значения соответственно $173,8 \text{ мкм}^2$ и $172,4 \text{ мкм}^2$. Стоит отметить, что с возрастом межполушарная асимметрия профильного поля пирамидных нейронов сглаживается.

В цитоархитектоническом слое V коры поля 7 мозга женщин возрастные изменения значения профильного поля нейронов происходят позже, чем в слое III – в пожилом возрасте профильное поле пирамидных нейронов слоя V практически не изменяется, составляя слева $235,9 \text{ мкм}^2$, справа $232,5 \text{ мкм}^2$ в группе зрелого возраста, и $238,7 \text{ мкм}^2$ и $239,4 \text{ мкм}^2$ в группе пожилого возраста. Резко снижение профиль-

ного поля пирамидных нейронов в слое V происходит в группе старческого возраста – уменьшается на 22% в левом полушарии и 25% в правом полушарии, равняясь $184,1 \text{ мкм}^2$ в левом полушарии и $173,4 \text{ мкм}^2$ в правом полушарии (рис. 1).

Плотность пирамидных нейронов слоя III коры поля 7 мозга женщин (в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга) в пожилом возрасте уменьшается на 20% по сравнению с группой зрелого возраста и в среднем составляет 21,1 нейрон в левом полушарии и 21,3 нейрон в правом полушарии. В группе женщин зрелого возраста их плотность равнялась в левом полушарии 26,3, а в правом 26,5 нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга. В старческом возрасте снижение плотности нейронов продолжается, однако оно уже незначительное (в левом полушарии практически не изменилась – 20,2 нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга, а в правом полушарии произошло уменьшение на 8% – 19,2 нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга).

Плотность нейронов слоя V аналогичного участка коры мозга женщин также, как и в слое III снижается в пожилом возрасте на 26% слева и 25% справа, равняясь в левом полушарии 21,5, в правом полушарии 20,4 нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга. В группе женщин зрелого возраста, этот показатель равнялся соответственно 29,0 и 27,2 нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга. В старческом возрасте плотность нейронов остается приблизительно на том же уровне (19,9 слева, 20,7 справа).

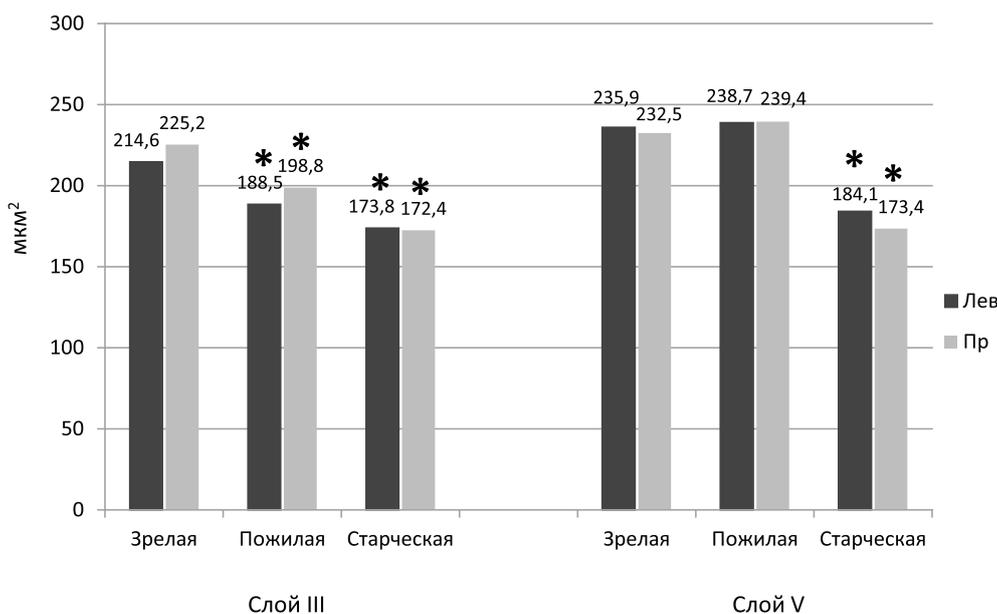


Рис. 1. Профильное поле пирамидных нейронов слоя III и V поля 7 коры мозга женщин (мкм^2).
Примечание. * – возрастные отличия при $p \leq 0,05$, по отношению к предыдущей возрастной группе

Плотность нейронов, окруженных сателлитной глией, слоя III коры поля 7 мозга женщин в процессе старения снижается достаточно плавно, однако в старческом возрасте отмечается большее падение их плотности в правом полушарии по сравнению с левым полушарием. Плотность нейронов, окруженных сателлитной глией, в группе женщин зрелого возраста составляла 12,9 в правом полушарии и 12,6 в левом полушарии. В пожилом возрасте она снизилась соответственно до 11,2 (на 13%) и 11,1 (на 12%), а в старческом слева уменьшилась еще на 12% слева и на 20% справа (9,7 и 8,5 нейронов, окруженных сателлитной глией, в 0,001 мм³ вещества мозга).

В слое V плотность нейронов, окруженных сателлитной глией, уменьшалась в левом и правом полушариях постепенно и равнялась: 11,4 и 10,8 в группе зрелого возраста, 10,6 и 10,2 в группе пожилого возраста, 9,3 и 9,5 нейронов в 0,001 мм³ вещества мозга в группе старческого возраста.

Плотность сателлитной глии слоя III в 0,001 мм³ вещества мозга у женщин группы зрелого возраста равнялась 16,8 глиоцитам в левом полушарии и 15,3 глиоцитам в правом полушарии. В пожилой группе плотность сателлитной глии уменьшилась на 12% слева и 10% справа (14,8 и 13,8 глиоцитов соответственно). В группе старческого возраста происходит более значительное снижение плотности сателлитной глии – она уменьшается еще на 19% в левом полушарии и на 25% в пра-

вом полушарии, равняясь слева 11,5, справа 9,9 сателлитным глиоцитам в 0,001 мм³ вещества мозга (рис. 2).

Плотность сателлитной глии слоя V в процессе старения меняется незначительно: в группе зрелого возраста она равняется 13,7 слева, 12,3 справа, в пожилой группе – в левом полушарии её плотность составляет 13,4, в правом полушарии 12. В старческой группе по сравнению со зрелой её плотность несколько уменьшается – 11,9 и 11,4 сателлитных глиоцитов в 0,001 мм³ вещества мозга (рис. 2).

Количество общей глии слоя III поля 7 мозга женщин с возрастом, по сравнению с остальными изученными нами показателями не уменьшается, а увеличивается, так в группе зрелого возраста её плотность составляла 53,1 глиоцита в левом и 50,8 глиоцитов в правом полушарии, а в группе пожилого возраста плотность общей глии увеличивается соответственно на 10% и 15% достигая значения плотности 58,5 глиоцитов в левом полушарии и 58,7 глиоцитов в правом полушарии. В следующей возрастной группе – старческой, отмечается значимое снижение плотности общей глии в правом полушарии мозга (52,1 глиоцита в 0,001 мм³ вещества мозга), тогда как в левом она практически не изменилась (56,5 глиоцитов в 0,001 мм³ вещества мозга).

В слое V коры поля 7 мозга женщин происходят аналогичные слою III изменения плотности общей глии (рис. 3).

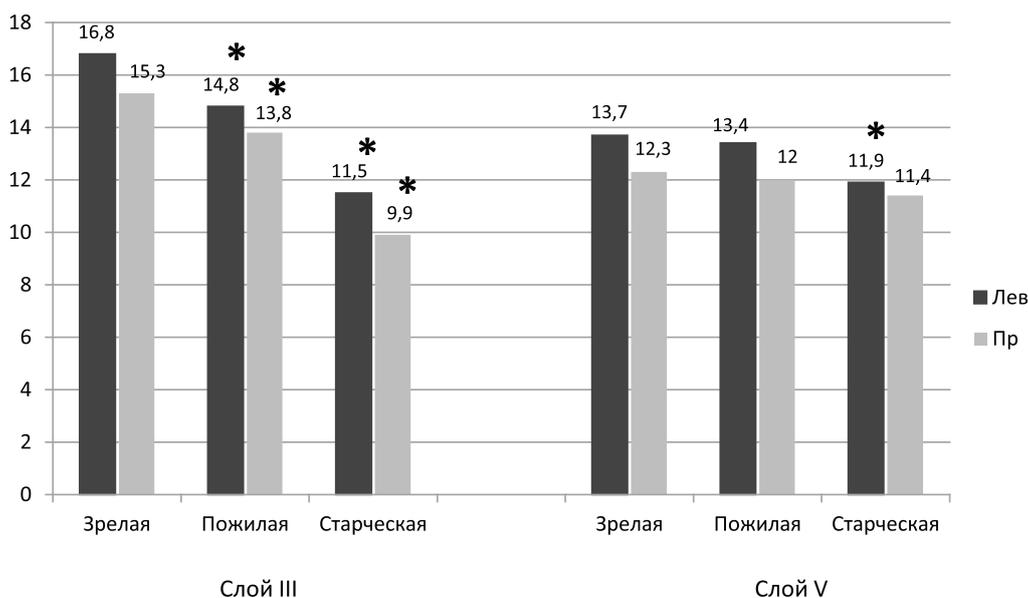


Рис. 2. Плотность сателлитной глии слоя III и V поля 7 коры мозга женщин в 0,001 мм³ вещества мозга. Примечание. * – возрастные отличия при $p \leq 0,05$, по отношению к предыдущей возрастной группе

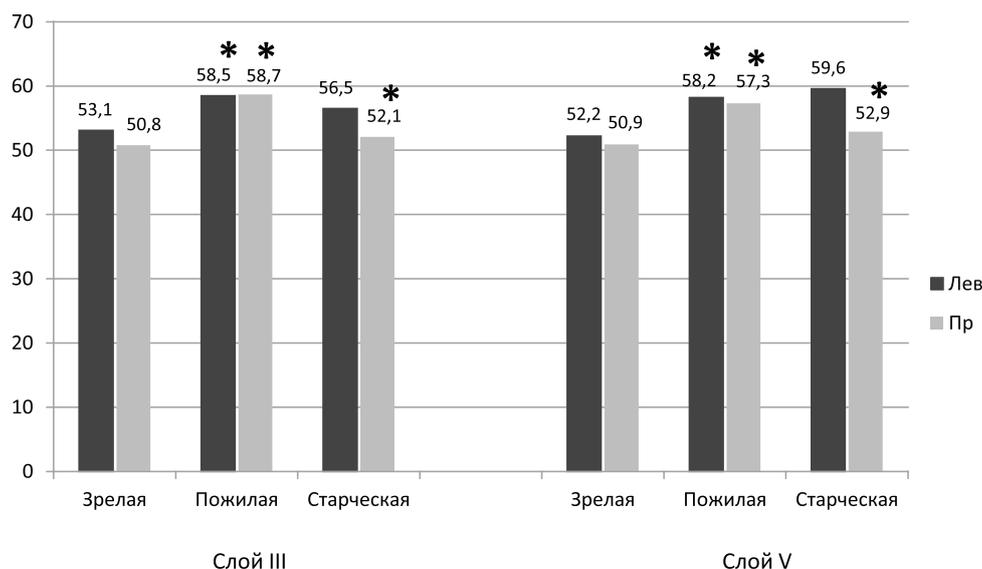


Рис. 3. Плотность общей глии слоя III и V поля 7 коры мозга женщин в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга. Примечание. * – возрастные отличия при $p \leq 0,05$, по отношению к предыдущей возрастной группе

При изучении слоев III и V коры поля 7 верхней теменной области мозга женщин трех возрастных групп мы обнаружили значительное уменьшение плотности пирамидных нейронов в обоих цитоархитектонических слоях уже в пожилом возрасте, что говорит о наличии атрофических процессов. Установленное нами снижение плотности, а, следовательно, и уменьшение числа нейронов в изученной области коры согласуется с результатами других исследований и с общей тенденцией уменьшения с возрастом, как массы мозга, так и количества нейронов в нем – по разным литературным данным число нейронов в старости может снижаться на 10-30% от их числа в зрелом возрасте [26].

Вместе с общей плотностью нейронов, в процессе старения уменьшается плотность нейронов, окруженных сателлитной глией, и самой сателлитной глией, причем данное изменение более выражено в слое III по сравнению со слоем V, но их снижение происходит более плавно, чем снижение плотности нейронов. Показанное уменьшение плотности нейронов и сателлитной глией иллюстрируется и в других работах, изучающих возрастные изменения цитоархитектуры мозга человека [4]. Часть авторов ассоциируют уменьшение плотности нейронов процессами их гибели вызванной гипоксией, которая в свою очередь может быть обусловлена различными сосудистыми заболеваниями [27]. То есть в результате такой гибели в нервной ткани может устанавливаться баланс между коли-

чеством нейронов и функциональными возможностями сосудистого русла [19, 20].

Явное опережение уменьшения числа нейронов в коре мозга по сравнению с количеством глиальных клеток, показана и в других работах, например Н.С. Оржеховская также выявила более высокий темп снижения количества нейронов в старческом возрасте и большую устойчивость сателлитной глией в процессе старения [10]. Большая устойчивость сателлитной глией при старении может быть связана с более высокой активностью синтеза РНК и более высокую способность к восстановлению по сравнению с нейронами [15], а также её ключевым значением в протекающих при любом повреждении нервной ткани компенсаторных процессах [8].

Если при изучении большинства морфологических показателей в процессе старения прослеживается тенденция к уменьшению их значения, то для значения плотности глией характерна иная направленность – количество общей глией, а именно в поле 7 коры верхней теменной области мозга женщин в пожилом возрасте увеличивается. Однако после 75 лет (в старческой группе) её количество в левом полушарии остается на прежнем уровне, а в правом полушарии плотность глией по сравнению с группой пожилого возраста уменьшается.

Аналогичное увеличение количества глией в процессе старения также отмечается и в исследованиях других авторов изучавших возрастные изменения цитоархитектуры коры мозга [5, 8, 12, 18]. Достаточно

часто увеличение количества глиальных клеток, как и гибель нейронов, ассоциируют с возрастными изменениями сосудистой системы мозга и различными сопутствующими заболеваниями, в результате чего происходит повреждение нейронов и самой нервной ткани, в нейтрализации которых активное участие принимает глия. Увеличивающееся количество глии направлено не только на обеспечение нейротрофических функций, посредством глиальных леток происходит фагоцитоз погибающих нейронов. Однако имеется другая точка зрения, например, А.В. Павлов считает, что увеличение количества глиальных клеток в процессе старения при присутствии у большинства пожилых людей дефицита кровоснабжения мозга, также может провоцировать гибель нейронов из-за возникающего дефицита кислорода и питания, вызванного возрастными потребностями самой глии, то есть происходит «обкрадывание» нейронов глией, поскольку для успешного существования которой, также необходимо расходовать энергию [12].

Приведенные две точки зрения причин гибели нейронов в целом схожи и та и другая теория связывают протекающие процессы с дефицитом ресурсов, необходимых для функционирования нервной ткани, то есть в большинстве случаев с возрастными изменениями сосудистой системы мозга и ухудшением кровообращения мозга в целом.

Помимо снижения числа нейронов и сателлитной глии в мозге происходят процессы дегенерация дендритного древа, демиелинизация волокон и снижение количества синапсов [24, 31]. На активность работы мозга, по-видимому, также влияет и гормональная система, в частности, в литературе имеются данные говорящие о влиянии стероидных гормонов на работу мозга и активность познавательной деятельности [22, 25]. Эти эффекты действия гормонов показаны при проведении функциональных исследований активности мозга во время проведения эстроген заместительной терапии в постменопаузе у женщин, где было выявлено благотворное влияние стероидных гормонов, что выражалось в изменении зон активации коры мозга и продуктивности его работы при выполнении различных заданий [22, 29]. Вероятно, баланс гормональной системы также может оказывать влияние на структурную организацию нервной системы [30].

Статистически значимое уменьшение основных цитоархитектонических признаков коры поля 7 верхней теменной области мозга женщин уже в пожилом возрасте и продолжающееся постепенное их сниже-

ние в старческом периоде жизни, вероятно, связана с функциональной ролью верхней теменной области, которая по данным литературы неразрывно связана с восприятием окружающего пространства и ориентацией в нем, а также задействована в процессах переключения и поддержания внимания. Общеизвестно, что при старении человека меняется его активность и социальная роль, в старости у многих людей снижается двигательная активность, и величина жизненного пространства с которым они активно взаимодействуют. К сожалению, у пожилых людей сужается круг людей и предметов, с которыми они контактируют, а у некоторых он уменьшается до пространства собственного дома или близлежащих районов. Также с возрастом замедляется скорость переключения внимания и объем внимания, нарушается его концентрация, что также связано с функцией верхней теменной области, то есть постепенно снижается её функциональная нагрузка. [9]

Заключение

Таким образом, проанализировав полученные нами морфометрические данные строения поля 7 коры верхней теменной области мозга женщин в трех возрастных группах, мы можем сказать, что морфологические изменения изученной области коры начинается уже в пожилом возрасте и далее, в процессе старения, протекают достаточно плавно. Также стоит отметить наибольшее изменение значения профильного поля пирамидных нейронов и плотности сателлитной глии в слое III по сравнению со слоем V, то есть для ассоциативного слоя III, характерно более раннее изменение его морфологической структуры, чем в слое V в котором оно наступает позже или, возможно, происходит на основе других механизмов старения, связанных со спецификой выполняемой слоем функции.

Список литературы

1. Байбаков С.Е., Гайворонский И.В., Гайворонский А.И. Сравнительная характеристика морфометрических параметров головного мозга у взрослого человека в период зрелого возраста (по данным магнитно-резонансной томографии) // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2009. – Серия 11, Вып. 1. – С. 111-117.
2. Боголепова И.Н., Амуц В.В., Оржеховская Н.С., Л.И. Малофеева Некоторые закономерности структурных изменений коры и подкорковых образований мозга человека в процессе старения // Журнал Невропатологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. – 1985. – Т. LXXXV, № 7. – С. 965-968.
3. Боголепова И.Н., Кротенкова М.В., Малофеева Л.И., Коновалов Р.Н., Агапов П.А. Архитектоника коры мозга человека: МРТ-атлас. – М.: Издательский холдинг «Атмосфера», 2010. – 216 с., ил.
4. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Возрастные изменения нейроно-глиальных соотношений в речедвигательной

- зоне коры мозга пожилых мужчин // Морфологические ведомости. – 2014. – № 2. – С. 13-18.
5. 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.
6. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Структурная асимметрия зоны Брока мозга женщин // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга» (Москва, 2-3 декабря 2010 г.). – Изд. Научный мир, 2010. – С. 94-97.
7. Горайнов С.А., Процкий С.В., Охотин В.Е., Павлова Г.В., Ревин А.В., Потапов А.А. О роли астроглии в головном мозге в норме и патологии // Анналы неврологии. – 2013. – Т. 7, № 7. – С. 45-52.
8. Масловский С.Ю., Семенова М.А., Гаргин В.В. Возрастные изменения глиально-нейронального индекса лобной извилины головного мозга человека // Украинский морфологический альманах. – 2011. – Т. 9, № 3. – С. 178-179.
9. Мухордова О.Е. Особенности познавательной сферы женщин пожилого и старческого возраста // Вестник Удмуртского университета. Серия «Философия. Психология. Педагогика». – 2009. – Вып. 2. – С. 139-146.
10. Оржеховская Н.С. Нейроно-глиальные отношения в коре лобной области большого мозга человека при нормальном и патологическом старении (болезни Альцгеймера) // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1986. – Т. XCI, № 11. – С. 5-12.
11. Павлов А.В. Изменение линейных параметров черепа и отдельных структур головного мозга человека в возрастном аспекте по данным МР-томографии // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2011. – № 1. – С. 20-25.
12. Павлов А.В., Жеребятьева С.Р., Лазутина Г.С., Овчинникова Н.В. Гистологическая характеристика архитектоники сосцевидных тел головного мозга людей разного возраста // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2016. – Т. 33, № 5 (226). – С. 104-108.
13. Панкова Н.Б., Лебедева М.А., Хлебникова Н.Н., Карганов М.Ю. Возрастные изменения латентных периодов простой сенсорной реакции на световой стимул у мужчин и женщин с разным индексом массы тела // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2016. – Т. 60, № 1. – С. 11-16.
14. Парфенова И.А. Возрастные изменения минеральной плотности костей скелета, массы мышечной, соединительной и жировой тканей с учетом типа конституции развития // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 2. – С. 43.
15. Певзнер Л.З. Функционально-биохимическая характеристика нейроглии // Успехи современной биологии. – 1969. – Т. 6, Вып. 3 (6). – С. 340-360.
16. Петросян К.А., Ефимов А.А., Курзин Л.М., Буров В.В. К вопросу о возрастных изменениях массы внутренних органов человека // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 1. – С. 353-355.
17. Пирадов М.А., Танашия М.М., Кротенкова М.В., Брюхов В.В., Кремнёва Е.И., Коновалов Р.Н. Передовые технологии нейровизуализации // Анналы неврологии. – 2015. – Т. 9, № 4. – С. 11-19.
18. 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.
19. Шемяков С.Е. Показатели капиллярного русла головного мозга человека и факторы их определяющие // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 18. – С. 32-33.
20. Шемяков С.Е., Николенко В.Н., Саркисян К.Д. Возрастные изменения морфометрических показателей нейронного гиппокампа человека // Морфология. – 2016. – Т. 150, № 4. – С. 16-19.
21. Andreasen N.C., O'Leary D.S., Cizadlo T., Arndt S., Rezaei K., Watkins L., et al. Remembering the past: two facets of episodic memory explored with positron emission tomography // Am J Psychiatry. – 1995. – Vol. 152, № 11. – P. 1576-1585.
22. Berman K.F., Schmidt P.J., Rubinow D.R., Danaceau M.A., Van Horn J.D., Esposito G., Ostrem J.L., Weinberger D.R. Modulation of cognition-specific cortical activity by gonadal steroids: a positron-emission tomography study in women // Proc Natl. Acad. Sci. U S A. – 1997. – Vol. 94, № 16. – P. 8836-8841.
23. 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. – Vol. 84, № 3. – P. 1645-1655.
24. Haug H. Are neurons of the human cerebral cortex really lost during aging? A morphometric examination // In J Traber and WH Gispen (Eds), Senile dementia of the Alzheimer type. New York: Springer-Verlag. – 1985. – P. 150-163.
25. Janowsky J.S., Oviatt S.K., Orwoll E.S. Testosterone influences spatial cognition in older men // Behav. Neurosci. – 1994. – V. 108. – P. 325-332.
26. Pakkenberg B., Gundersen H.J. Neocortical neuron number in humans: effect of sex and age // J. Comp. Neurol. – 1997. – Vol. 384. – P. 312-320.
27. Raz N., Rodrigue K.M., Acker J.D. Hypertension and the brain: vulnerability of the prefrontal regions and executive functions // Behavioral Neuroscience. – 2003. – V. 17. – P. 1169-1180.
28. Resnick S.M., Pham D.L., Kraut M.A., Zonderman A.B., Davatzikos C. Longitudinal magnetic resonance imaging studies of older adults: a shrinking brain // J. Neurosci. – 2003. – Vol. 23, № 8. – P. 3295-3301.
29. Shaywitz S.E., Shaywitz B.A., Pugh K.R., Fulbright R.K., Skudlarski P., Mencl W.E. et al. Effect of estrogen on brain activation patterns in postmenopausal women during working memory tasks // Journal of the American Medical Association. – 1999. – Vol. 281. – P. 1197-1202.
30. Tisserand D.J., Jolles J. On the involvement of prefrontal networks in cognitive ageing // Cortex. – 2003. – Vol. 39, № 4-5. – P. 1107-1128.
31. Uylings H.B.M., West M.J., Coleman P.D., De Brabander J.M., Flood D.G. Neuronal and cellular changes in the aging brain // In CM Clark and JQ Trojanowski (Eds), Neurodegenerative dementias. New York: McGraw-Hill. – 2000. – Ch. 4. – P. 61-76.
32. Voisin J.I., Rodrigues E.C., Héту S., Jackson P.L., Vargas C.D., Malouin F., Chapman C.E., Mercier C. Modulation of the response to somatosensory stimulation of the hand during the observation of manual actions // Exp. Brain Res. – 2011. – Vol. 208, № 1. – P. 11-19.