

СТАТЬИ

УДК 57:611.813.12

ЦИТОАРХИТЕКТОНИКА КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ МОЗГА УЧЁНОГО-ИЗОБРЕТАТЕЛЯ**Агапов П.А., Боголепова И.Н.***ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, e-mail: pavelscn@yandex.ru*

Проведено цитоархитектоническое исследование коры поля 7 мозга учёного-изобретателя в сравнении с контрольной группой мужчин (4 мозга) аналогичного старческого возраста с целью выявления цитоархитектонических особенностей строения коры мозга профессионально одаренных людей. Исследование выполнено на тотальных фронтальных срезах мозга толщиной 20 мкм, окрашенных кризилом фиолетовым по методу Ниссля. Изучены следующие морфометрические характеристики коры поля 7: толщина коры и толщина её отдельных цитоархитектонических слоёв. В слоях III и V подсчитана плотность нейронов и глии, а также измерено значение профильного поля пирамидных нейронов. В результате исследования выявлены особенности цитоархитектонического строения коры поля 7 мозга учёного-изобретателя. Для коры поля 7 его мозга характерно большее значение ширины коры, большее среднее значение профильного поля пирамидных нейронов в цитоархитектоническом слое III, а также большая плотность пирамидных нейронов в слоях III и V по сравнению с контрольной группой мужчин. Кроме того, ярким отличием было большее значение плотности нейронов, окруженных сателлитной глией, в слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя по сравнению с контрольной группой мужчин.

Ключевые слова: мозг, поле 7, одарённость, кора, нейрон, учёный, цитоархитектоника**CYTOARCHITECTONICS OF THE CORTEX OF AREA 7 OF THE UPPER PARIETAL REGION OF THE BRAIN OF THE SCIENTIST-INVENTOR****Agapov P.A., Bogolepova I.N.***Research center of neurology, Moscow, e-mail: pavelscn@yandex.ru*

A cytoarchitectonic study of the cortex of area 7 of the brain of the scientist-inventor was conducted in comparison with a control group of men (4 brains) of similar senile age in order to identify cytoarchitectonic features of the structure of the cortex of professionally gifted people. The study was performed on total frontal sections of the brain with a thickness of 20 microns, stained with purple cresyl by the Nissl method. Studied by following the morphological characteristics of the cortex of area 7: cortex thickness and thickness of the individual cytoarchitectonically layers. In layers III and V calculated density of neurons and glia, as well as the measured value of profile field of pyramidal neurons. The study revealed the features of the cytoarchitectonic structure of the cortex of the area 7 of the brain of the scientist and inventor. The cortex of area 7 of his brain is characterized by a larger value of the cortical width, a larger average value of the profile field of pyramidal neurons in cytoarchitectonic layer III, and a higher density of pyramidal neurons in layers III and V compared to the control group of men. In addition, a striking difference was the higher value of the density of neurons surrounded by satellite glia in layers III and V of the cortex of area 7 of the brain of the scientist-inventor compared to the control group of men.

Keywords: brain, area 7, giftedness, cortex, neuron, scientist, cytoarchitectonics

Первые дошедшие до нашего времени труды, посвященные исследованию строения и функций мозга человека, можно найти в работах античного времени, например в сочинениях Гиппократов, Аристотеля и Галена. С течением времени знания о строении и работе мозга человека постепенно накапливались и уточнялись в соответствии с уровнем развития науки, и, наконец, в XIX веке получает широкое развитие не только учение об анатомическом строении мозга. Ученые пытаются связать эти данные с физиологией мозга и способностями человека. Среди них было известное учение френология, основанное Францем Йозефом Галлем, который в начале XIX века создал карту поверхности черепа человека и выделил на нем шишки, по развитию которых судил об интеллекте и умственных способностях человека. Од-

нако широкое развитие френология получила благодаря его ученику Иоганну Гаспару Шпурцгейму, который дополнил его учение и создал собственные френологические карты, после чего стал активно их популяризировать [1]. Пик развития френологии пришелся на 1820–1860-е гг., позже это учение было признано лженаучным. В 1860 г. вышли первые научно обоснованные и выполненные на высоком методическом уровне работы, посвященные изучению особенностей макроскопического строения мозга человека и сопоставлению их с развитием способностей. Обладая большой коллекцией мозгов выдающихся людей того времени (математика К.Ф. Гаусса, поэт Д.Г. Байрон и других), собранной в Гёттингенском университете, R. Wagner опубликовал первые работы, посвященные изучению морфологических аспектов строения мозга

обычных и одарённых людей [2–4]. Позже это направление было продолжено [5; 6].

С развитием методов окраски нервной ткани ученые стали уделять большее внимание микроскопическому строению мозга человека и искать отличия именно в нем. В 1920–1940-х гг. появляется цикл работ, посвященный изучению макроскопических и цитоархитектонических особенностей одаренности выдающихся ученых, композиторов, физиков, математиков и писателей [7–10], но, к сожалению, позже интерес к изучению цитоархитектонических основ одаренности несколько угас, и коллекции мозга в ведущих университетах мира практически перестали пополняться.

Сегодня на первый план выходят работы, позволяющие оценить прижизненные особенности строения и работы мозга человека методами МРТ, позволяющие проводить корреляции выявленных особенностей с профессиональной успешностью изученных добровольцев. Основное внимание уделяется изучению связей внутри мозга и нейронных сетей, то есть особенности вовлечения в творческий процесс различных участков мозга [11–13]. Большую роль в изучении цитоархитектонических основ профессиональной одаренности играет изучение индивидуальной вариативности структурной организации и межполушарной асимметрии мозга человека [14; 15]. Однако эти исследования еще не ответили на вопрос, что лежит в основе выдающихся способностей. В настоящее время стали появляться цитоархитектонические исследования мозгов одаренных людей, показывающие особенности в строении структур, имеющих первостепенную значимость в том или ином виде креативной деятельности.

Одним из ярких примеров, иллюстрирующих важность индивидуальных особенностей строения коры, является изучение зоны Брока выдающегося переводчика, знавшего более 60 языков, Эмиля Кребса, показавшее значительные отличия строения зоны Брока мозга Эмиля Кребса в сравнении с контрольной группой [16].

Обнаружены отличия в количестве глиальных клеток в поле 39 коры мозга А. Эйнштейна [17; 18], а также некоторые особенности в макроскопическом строении его мозга [19]. Имея уникальную коллекцию мозгов одаренных людей [20; 21], мы провели цитоархитектоническое исследование мозга профессионально одаренного учёного-изобретателя, основоположника теоретической космонавтики. Целью данного исследования стало выявление цитоархитектонических особенностей строения коры

мозга профессионально одаренных людей в аспекте изучения одаренности.

Материалы и методы исследования

Цитоархитектоническое исследование строения коры поля 7 верхней теменной области мозга профессионального учёного-изобретателя и мужчин контрольной группы аналогичного возраста проведено на сериях фронтальных срезов мозга толщиной 20 мкм, окрашенных крезилем фиолетовым по методу Ниссля. Исследовано 8 полушарий мозга мужчин контрольной группы старческого возраста, умерших от соматической патологии или несчастного случая и не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями.

В коре поля 7 верхней теменной области левого и правого полушарий мозга изучены следующие морфометрические показатели: толщина коры, толщина цитоархитектонического слоя III, площадь профильного поля пирамидных нейронов в слоях III и V, плотность нейронов, нейронов, окруженных сателлитной глией, сателлитной глии и общей глии в слоях III и V. Подсчет изучаемых показателей коры поля 7 проводился на участках коры с выраженной радиарной исчерченностью, расположенных на вершине извилин медиальной поверхности полушарий мозга. Толщина коры и толщина ассоциативного слоя III измерялась с помощью стереомикроскопа МБС-9, оборудованного цифровой камерой-окуляром DCM 130 в программе ScopePhoto ($n = 30$ в каждом полушарии мозга). Площадь профильного поля пирамидных нейронов слоя III³ измерялась в идентичных местах левых и правых полушарий на комплексе электронно-оптического анализа изображений «ДиаМорф» (Россия) об. x100, ок. x10. Измерялись только те нейроны, у которых четко выделялись ядро и ядрышко ($n = 100–130$). Плотность нейронов и глии представлена на 0,001 мм³. Сателлитными глиоцитами считались те, которые располагались от нейронов на расстоянии диаметра ядра глиоцита. Подсчитывались нейроны и глиоциты с четкими контурами. Статистическая обработка данных выполнена методами непараметрической статистики в программе Statistica 12. Значимость отличий изученных характеристик определялась с использованием U-критерия Манна-Уитни при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Толщина коры поля 7 мозга учёного-изобретателя равнялась в левом полушарии $2,561 \pm 0,017$ мм, в правом полушарии

2,570 ± 0,025 мм, что значимо ($p = 0,000$) больше по сравнению с толщиной коры мужчин старческого возраста, у которых её значение составляло 2,401 ± 0,024 мм в левом полушарии и 2,400 ± 0,026 мм в правом полушарии (рис. 1). Толщина слоя III коры поля 7 у мужчин старческого возраста в левом полушарии равнялась 0,814 ± 0,018 мм, в правом полушарии 0,830 ± 0,016 мм. У учёного-изобретателя толщина коры слоя III в левом ($p = 0,108$) и правом ($p = 0,263$) полушарии статистически не отличалась от аналогичной мужчин контрольной группы и составляла в левом полушарии 0,817 ± 0,016 мм, в правом полушарии 0,765 ± 0,011 мм.

Измерив профильное поле пирамидных нейронов в citoархитектонических слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя и сравнив его с аналогичными показателями мозга мужчин старческого возраста, мы обнаружили, что среднее значение

данного показателя в слое III левого полушария мозга учёного-изобретателя составляло 214,0 ± 8,12 мкм², а у мужчин старческого возраста 186,9 ± 2,94 мкм² ($p = 0,002$). В правом полушарии мозга учёного-изобретателя профильное поле пирамидных нейронов было также значимо ($p = 0,000$) больше, чем у мужчин старческого возраста (183,2 ± 2,82 мкм²), и составляло 224,2 ± 7,97 мкм² (рис. 3). Для значения профильного поля пирамидных нейронов слоя V было характерно следующее: в левом полушарии статистических отличий не выявлено ($p = 0,090$), а в правом полушарии значение данного показателя было достоверно больше ($p = 0,000$). Его значение составляло: в правом полушарии мозга учёного-изобретателя – 174,9 ± 3,78 мкм², мужчин старческого возраста – 168,1 ± 1,99 мкм², в левом полушарии – 183,3 ± 3,66 мкм² и 168,9 ± 1,90 мкм² соответственно (рис. 2).

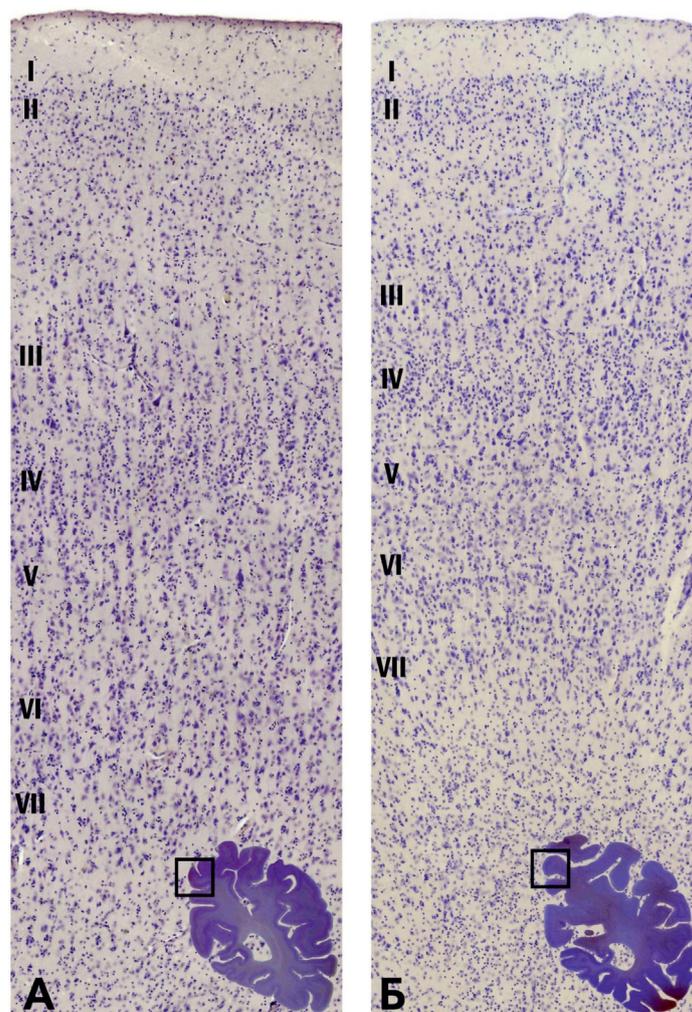


Рис. 1. Цитоархитектоника коры поля 7 мозга учёного-изобретателя (А) и мужчины контрольной группы старческого возраста (Б). Окраска крезиллом фиолетовым по методу Ниссля

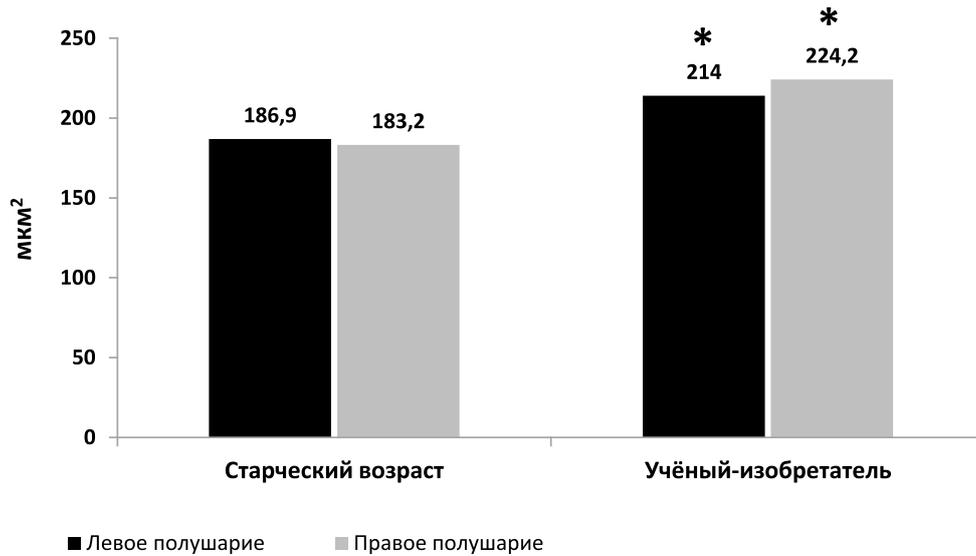


Рис. 2. Профильное поле пирамидных нейронов слоя III коры поля 7 верхней теменной области мозга учёного-изобретателя и мужчин пожилого и старческого возраста (мкм²)
* – статистически значимые отличия при $p \leq 0,05$

Сравнив значения плотности пирамидных нейронов в слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя и мужчин старческого возраста, мы обнаружили, что их плотность в слое III и V левого полушария была статистически значимо больше ($p = 0,000$), чем у мужчин старческого возраста. Так, их плотность у учёного-изобретателя равнялась в слое III $27,7 \pm 1,25$, в слое V $24,8 \pm 0,92$, а у мужчин старческого возраста значение плотности пирамидных нейронов было соответственно $20,8 \pm 0,60$ и $19,9 \pm 0,49$ нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга. В правом полушарии мозга учёного-изобретателя плотность пирамидных нейронов в слое III была достоверно ($p = 0,000$) больше по сравнению с мужчинами старческого возраста и равнялась $26,2 \pm 1,02$, а у контрольной группы – $20,4 \pm 0,48$ нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга. Однако плотность нейронов в слое V статистически не различалась ($p = 0,092$) между мозгом учёного-изобретателя ($23,3 \pm 0,94$) и мужчин старческого возраста ($20,5 \pm 0,44$).

Плотность нейронов, окруженных сателлитной глией коры поля 7 в слое III в левом полушарии мозга мужчин старческого возраста, составляла $10,3 \pm 0,44$, а в правом $10,2 \pm 0,39$. У учёного-изобретателя их плотность была достоверно больше только в правом полушарии ($p = 0,228$ в левом полушарии и $p = 0,018$ в правом полушарии) и равнялась $11,4 \pm 0,67$ в левом и $12,6 \pm 0,69$ в правом. Плотность нейронов, окруженных сател-

литной глией в слое V у мужчин старческой группы, равнялась $8,92 \pm 0,36$ в левом полушарии и $9,94 \pm 0,33$ в правом полушарии. Значения аналогичных показателей мозга учёного-изобретателя в левом ($p = 0,099$) и правом ($p = 0,985$) полушарии не отличались и составляли слева $10,6 \pm 0,66$, справа $10,5 \pm 0,7$ нейронов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга.

При сравнении плотности сателлитной глии в слоях III коры поля 7 мозга мужчин старческой группы и учёного-изобретателя мы обнаружили такие же закономерности, как и для значения плотности нейронов, окруженных сателлитной глией. В слое III мозга учёного-изобретателя их плотность была достоверно больше по сравнению с контрольной группой мужчин в правом полушарии, а в левом нет (правое – $p = 0,016$, левое – $p = 0,259$). В слое V она не отличалась ($p = 0,871$ в правом, $p = 0,143$ в левом). Плотность сателлитной глии слоя III равнялась у учёного-изобретателя в левом полушарии $13,5 \pm 0,9$, в правом полушарии $15,2 \pm 0,93$, а у мужчин старческого возраста соответственно $11,82 \pm 0,50$ и $12,0 \pm 0,49$ сателлитных глиоцитов в $0,001 \text{ мм}^3$ вещества мозга. В слое V коры мозга учёного-изобретателя плотность сателлитных глиоцитов равнялась в левом полушарии $12,5 \pm 0,92$, в правом полушарии $12,7 \pm 0,97$, у мужчин старческого возраста плотность сателлитных глиоцитов составляла $10,5 \pm 0,46$ в левом полушарии и $11,8 \pm 0,44$ в правом полушарии (рис. 3).

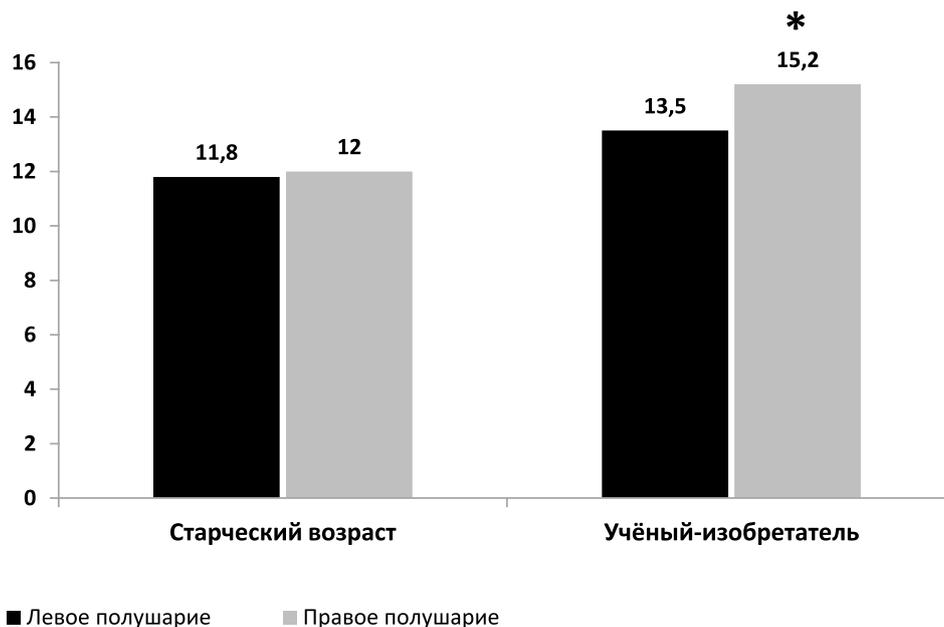


Рис. 3. Плотность сателлитной глии слоя III коры поля 7 мозга учёного-изобретателя и мужчин старческого возраста контрольной группы (в 0,001 мм³)
* – статистически значимые отличия при $p \leq 0,05$

Выявленные особенности строения коры мозга учёного-изобретателя коррелируют с данными, полученными в аналогичных работах, и гипотезой о наличии структурных особенностей строения мозга одарённых людей. Полученные результаты цитоархитектонического исследования можно рассматривать как возможные морфологические предпосылки одарённости. Многие современные исследования проводят параллель между сложностью организации нейронных связей с экстраординарными способностями [12; 22]. В результате изучения коры цитоархитектонического поля 7 верхней теменной области мозга выдающегося учёного-изобретателя мы выявили большее значение толщины коры, а также большую плотность нейронов по сравнению с контрольной группой, что, по данным литературы, может свидетельствовать о более сложной организации коры мозга [23].

При изучении коры мозга талантливейшего физика А. Эйнштейна Colombo J.A., M.C. Diamond и другие обнаружили особенности строения глии и более высокий нейроглиальный индекс [17; 24], а, как известно, количество сателлитной глии часто свидетельствует о более высокой активности нейронов, а также обеспечивает трофическую функцию и влияет на их работу [25]. В нашем исследовании одной из особенностей строения коры мозга являлось большее

значение плотности сателлитной глии, что, по-видимому, также можно отнести к особенностям организации коры мозга одарённых людей.

Ещё одной важной особенностью, которую мы относим к цитоархитектоническим предпосылкам гениальности, стало значение профильного поля пирамидных нейронов, значение которого в исследованной области мозга учёного-изобретателя было выше по сравнению с контрольной группой, в свою очередь в литературе имеются данные о корреляции размера нейронов с количеством образуемых ими связей [23].

Принимая во внимание возраст, в котором умер учёный-изобретатель (78 лет), и сравнивая изученные нами морфометрические показатели с аналогичными показателями пожилой группы, например с данными, полученными нами при изучении старения коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин [26], можно увидеть схожесть значения плотности нейронов и глии, а также размера профильного поля пирамидных нейронов с пожилым возрастом. Проведя сопоставление с нашими другими исследованиями и изучив цитоархитектонику коры верхней теменной области мозга выдающегося учёного-изобретателя, можно отметить меньшую выраженность возрастных изменений в коре мозга выдающегося учёного-изобретателя.

Выводы

В результате проведенного исследования мы обнаружили некоторые особенности цитоархитектонического строения коры поля 7 мозга учёного-изобретателя. Для него характерно большее значение ширины коры, профильного поля пирамидных нейронов в цитоархитектоническом слое III, а также большая плотность пирамидных нейронов в слоях III и V по сравнению с контрольной группой мужчин.

Также ярким отличием является большее значение плотности нейронов, окруженных сателлитной глией, в слоях III и V коры поля 7 мозга учёного-изобретателя по сравнению с контрольной группой мужчин.

Таким образом, выявленные нами отличия цитоархитектонического строения коры поля 7 свидетельствуют о наличии цитоархитектонических особенностей строения коры мозга выдающегося учёного-изобретателя и менее выраженных процессов возрастных изменений коры мозга по сравнению с контрольной группой мужчин старческого возраста.

Список литературы

1. Simpson D. Phrenology and the neurosciences: contributions of F.J. Gall and J.G. Spurzheim. *ANZ J. Surg.* 2005. Vol. 75. No. 6. P. 475–482. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2005.03426.x.
2. Wagner R. (1860). «über die typischen Verschiedenheiten der Windungen der Hemisphären und über die Lehre vom Hirngewicht, mit besonderer Rücksicht auf die Hirnbildung intelligenter Männer», in *Vorstudien zu Einer Wissenschaftlichen Morphologie und Physiologie des Menschlichen Gehirns als Seelenorgan.* Göttingen: Verlag der Dieterichschen Buchhandlung.
3. Wagner R. (1862). «über den Hirnbau der Mikrocephalen mit vergleichender Rücksicht auf den Bau des Gehirns der normalen Menschen und der Quadrumanen», in *Vorstudien zu Einer Wissenschaftlichen Morphologie und Physiologie des Menschlichen Gehirns als Seelenorgan.* Göttingen: Verlag der Dietrichschen Buchhandlung.
4. Wagner H. (1864). *Maassbestimmungen der Oberfläche des grossen Gehirns.* Göttingen: Cassel-Trömmner & Dietrich.
5. Spitzka E.A. A rare fissural atypy in the brain of W.A. *Med. Critic.* 1902. Vol. 2. P. 616–619.
6. Spitzka E.A. A Study of the Brains of Six Eminent Scientists and Scholars belonging to the American Anthropometric Society, together with a Description of the Skull of Professor E.D. Cope. *Trans. Am. Philos. Soc.* 1907. Vol. 21. P. 175–308. DOI: 10.2307/1005434.
7. Hall G.S., Osler W., Morse E.S., Donaldson H.H., Canavan A. A study of the brains of three scholars. *J. Comp. Neurol.* 1928. Vol. 46. P. 1–95. DOI: 10.1002/cne.900460102.
8. Mingazzini G. La citoarchitettura degli emisferi cerebrali di Lenin. *Arch. Gen. Med. Psicol.* 1928. P. 1–3.
9. Vogt O. Bericht über die Arbeiten des Moskauer Staatstinstituts für Hirnforschung. *J. Psychol. Neurol.* 1929. Vol. 40. P. 108–118.
10. Retzius G. *Das Gehirn des mathematikers Sonja Kovalski. Biologische Untersuchungen neue Folge.* Stockholm: Af-tonbladets Druckeri. 1890. Vol. 9. P. 1–16.
11. Liu S., Erkkinen M.G., Healey M.L., Xu Y., Swett K.E., Ho Ming Chow, Braun A.L. Brain activity and connectivity during poetry composition: Toward a multidimensional model of the creative process *Hum Brain Mapp.* 2015. Vol. 36. No. 9. P. 3351–3372. DOI: 10.1002/hbm.22849.
12. Ma J., Kang H.J., Kim J.Y., et al. Network attributes underlying intellectual giftedness in the developing brain. *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7. No. 1. P. 11321. DOI: 10.1038/s41598-017-11593-3.
13. Santarnecchi E., Rossi S. Advances in the Neuroscience of Intelligence: from Brain Connectivity to Brain Perturbation. *Span J. Psychol.* 2016. Vol. 19. E. 94. DOI: 10.1017/sjp.2016.89.
14. Боголепова И.Н. Нейроглиальные взаимоотношения как один из показателей индивидуальной variabilityности мозга человека // *Морфология.* 1993. Т. 105. № 7–8. С. 21–22.
15. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Цитоархитектонические критерии структурной асимметрии корковых формаций мозга человека // В сборнике: *Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии.* 2003. С. 41–45.
16. Amunts K., Schleicher A., Zilles K. Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. *Brain Lang.* 2004. Vol. 89. No. 2. P. 346–353. DOI: 10.1016/S0093-934X(03)00360-2.
17. Diamond M.C., Scheibel A.B., Murphy G.M., Harvey T. On the brain of a scientist: Albert Einstein. *Experimental Neurology.* 1985. Vol. 88. P. 198–204.
18. Colombo J.A., Reisin H.D., Miguel-Hidalgo J.J., Rajkowska G. Cerebral cortex astroglia and the brain of a genius: a propos of A. Einstein's. *Brain Res. Rev.* 2006. Vol. 52. No. 2. P. 257–263. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2006.03.002.
19. Weiner K.S. On (ab)normality: Einstein's fusiform gyrus. *Brain Cogn.* 2015. Vol. 94. P. 1–3. DOI: 10.1016/j.bandc.2014.12.002.
20. Боголепова И.Н. Некоторые сведения о массе мозга человека // *Журнал неврологии и психиатрии.* 1993. Т. 93. № 5. С. 106–108.
21. Боголепова И.Н., Боголепов Н.Н. Мозг В.В. Маяковского // *Журнал неврологии и психиатрии.* 1997. Т. 97. № 5. С. 47–50.
22. Santarnecchi E., Rossi S. Advances in the Neuroscience of Intelligence: from Brain Connectivity to Brain Perturbation. *Span J. Psychol.* 2016. Vol. 19. E. 94. DOI: 10.1017/sjp.2016.89.
23. Beul S.F., Hilgetag C.C. Neuron density fundamentally relates to architecture and connectivity of the primate cerebral cortex. *Neuroimage.* 2019. Vol. 189. P. 777–792. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2019.01.010.
24. Colombo J.A., Reisin H.D., Miguel-Hidalgo J.J., Rajkowska G. Cerebral cortex astroglia and the brain of a genius: A propos of A. Einstein. *Brain Research Reviews.* 2006. Vol. 52. P. 257–263.
25. *Basic neurochemistry. Principles of Molecular, Cellular, and Medical Neurobiology (Eight edition)* 2012 Scott T. Brady, George J. Siegel, R. Wayne Albers and Donald L. Price. Elsevier Academic Press. [Electronic resource]. URL: https://library.mpib-berlin.mpg.de/toc/z2007_131.pdf (date of access: 21.09.2020).
26. Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Возрастные изменения профильного поля нейронов коры поля 7 мозга мужчин и женщин в процессе старения // *Морфологические ведомости.* 2019. Т. 27. № 3. С. 8–15.