

# Одарённость и цитоархитектоника префронтальной коры мозга выдающегося учёного-физиолога И.П. Павлова

М.А. Пирадов, С.Н. Иллариошкин, И.Н. Боголепова, **Л.И. Малофеева**, П.А. Агапов, И.Г. Малофеева

ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия

**Цель работы** — изучение цитоархитектоники поля 10 лобной области мозга выдающегося учёного-физиолога, лауреата Нобелевской премии И.П. Павлова.

**Материалы и методы.** Изучена цитоархитектоника коры поля 10 лобной области мозга учёного-физиолога И.П. Павлова (возраст 86 лет) в сопоставлении с аналогичной корой мозга 4 мужчин старческого возраста (75–90 лет). В каждом полушарии мозга на базальной поверхности современными морфометрическими методами были исследованы толщина коры поля 10, толщина ассоциативного слоя III, площадь профильного поля нейронов этого слоя, численная плотность в нём нейронов, общей глии, сателлитной глии и окружённых ею нейронов.

**Результаты.** Установлено, что кора поля 10 мозга учёного-физиолога И.П. Павлова характеризуется хорошей сохранностью, ярко выраженной радиарной исчерченностью, значительной асимметрией макроскопического и цитоархитектонического строения. По сравнению с обычными мужчинами поле 10 коры мозга И.П. Павлова имеет значимо большие толщину коры и ассоциативного слоя III, долю в нем крупных нейронов, численную плотность нейронов, общей глии, сателлитной глии и нейронов, окружённых ею.

**Ключевые слова:** учёный-физиолог И.П. Павлов; мозг; цитоархитектоника; кора мозга; поле 10; нейрон; глия.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешних источников финансирования при проведении исследования.

**Адрес для корреспонденции:** 125367, Москва, Волоколамское шоссе, д. 80. ФГБНУ «Научный центр неврологии».  
E-mail: bogolepovaira@gmail.com. Боголепова И.Н.

**Для цитирования:** Пирадов М.А., Иллариошкин С.Н., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Одарённость и цитоархитектоника префронтальной коры мозга выдающегося учёного-физиолога И.П. Павлова. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2021; 15(1): 59–64.

DOI: 10.25692/ACEN.2021.1.7

Поступила 05.10.2020 / Принята в печать 15.12.2020

## Giftedness and cytoarchitecture of the prefrontal cortex of the outstanding scientist and physiologist I.P. Pavlov

Mikhail A. Piradov, Sergey N. Illarioshkin, Irina N. Bogolepova, **Lydia I. Malofeeva**, Pavel A. Agapov, Irina G. Malofeeva

Research Center of Neurology, Moscow, Russia

The **aim** of this study was to examine the cytoarchitecture of area 10 in the frontal lobe of I.P. Pavlov, an outstanding scientist, physiologist, and Nobel Prize winner.

**Materials and methods.** We studied the cortical cytoarchitecture of area 10 in the brain's frontal region belonging to the scientist and physiologist I. P. Pavlov (aged 86 years), compared with similar brain cortices of 4 elderly males (75–90 years). Modern morphometric methods were used, on the basal surface of each cerebral hemisphere, to study the cortical thickness of area 10, thickness of the associated layer III, area of the specialized neural field in this layer, the number density of contained neurons, total glial cells, satellite glial cells, and the neurons surrounded by them.

**Results.** It was found that area 10 of the cerebral cortex of I.P. Pavlov is characterized by good preservation, pronounced radial striation, and significant asymmetry of the macroscopic and cytoarchitectural structure. Compared with ordinary men, area 10 of I.P. Pavlov's brain has a significantly thicker cortex and associative layer III, as well as a higher proportion of large neurons, number density of neurons, total glial cells, satellite glial cells, and neurons surrounded by them.

**Keywords:** scientist and physiologist I.P. Pavlov; brain; cytoarchitecture; cerebral cortex; area 10; neuron; glial cell.

**Acknowledgments.** This study was not supported by any external sources of funding.

**For correspondence:** 125367, Russia, Moscow, Volokolamskoye shosse, 80. Research Center of Neurology.  
E-mail: bogolepovaira@gmail.com. Bogolepova I.N.

**For citation:** Piradov M.A., Illarioskin S.N., Bogolepova I.N., Malofeeva L.I., Agapov P.A., Malofeeva I.G. [Giftedness and cytoarchitecture of the prefrontal cortex of the outstanding scientist and physiologist I.P. Pavlov]. *Annals of clinical and experimental neurology*. 2021; 15(1): 59–64. (In Russ.)

DOI: 10.25692/ACEN.2021.1.7

Received 20.11.2020 / Accepted 15.12.2020

## Введение

Творчество людей, их открытия, создание новых теорий в науке служат стимулом и двигателем развития человечества. Без творческой деятельности человека невозможно представить себе прогресс человечества, в связи с этим важной проблемой в современной медицине и биологии является понимание и раскрытие нейроморфологических основ таланта и одаренности человека. Изучение структурных основ интеллекта, творчества и одаренности человека является важным направлением современной нейробиологии и нейроморфологии.

Проблема нейроанатомической и цитоархитектонической организации мозга одаренных людей давно привлекает к себе внимание. Одной из первых работ, посвященных изучению мозга выдающихся людей, была научная статья Рудольфа Вагнера [1]. Позже были опубликованы результаты исследования Д.Н. Зернова [2, 3], посвященного анатомическим особенностям строения мозга людей интеллектуального труда. Был изучен мозг знаменитой женщины-математика Софьи Ковалевской [4], а также других одаренных людей [5]. Однако точных корреляций таланта и особенностей макроскопического строения мозга человека не было найдено.

Большой вклад в изучение мозга известных людей внес выдающийся русский ученый В.М. Бехтерев, который поставил задачу найти корреляцию между особенностями строения мозга человека и его таланта и большими творческими способностями. Именно В.М. Бехтерев первым доложил результаты изучения мозга выдающегося русского химика, создателя периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева [6]. Интересные исследования были проведены А.А. Капустиным по изучению строения мозга ученых [7, 8].

По мнению ряда ученых, уникальные способности человека должны быть обязательно отражены в особенностях организации мозга [9–14]. Ряд авторов обращает внимание на размеры мозга [8, 15–20]. В современной литературе обсуждается вопрос о связи таланта и одаренности с биохимией мозга человека, его нейротрансмиттерной характеристикой [21, 22]. В 2004 г. вышла интересная статья К. Amunz [23], которая убедительно показала, что выдающаяся способность немецкого переводчика Эмиля Кребса, который знал 60 иностранных языков, связана с особенностями цитоархитектоники в зоне Брока его мозга.

С развитием МРТ-исследований и транскортикальной картографии получены определённые сведения о взаимосвязи интеллекта и формировании волокнистых систем мозга. Однако до сих пор проблема нейроморфологических предпосылок интеллекта и таланта человека остается невыясненной.

**Целью** настоящей работы явилось изучение цитоархитектоники поля 10 лобной области мозга выдающегося учёного-

физиолога, лауреата Нобелевской премии И.П. Павлова, внесшего большой вклад в развитие науки о высшей нервной деятельности.

## Материалы и методы

Исследование цитоархитектоники коры поля 10 лобной области левого и правого полушарий мозга И.П. Павлова (возраст 86 лет) проведено на сериях фронтальных тотальных парафиновых срезов толщиной 20 мкм. Срезы окрашены крезолом фиолетовым по методу Ниссля, модифицированному в Институте мозга [24].

Результаты исследования были сопоставлены с данными, полученными нами ранее при исследовании цитоархитектоники коры поля 10 лобной области мозга 4 мужчин старческого возраста (75–90 лет). Мужчины при жизни не страдали психическими и неврологическими заболеваниями. Смерть наступила в результате несчастного случая или соматических заболеваний. Мозг извлекали не позднее 24 ч после смерти, фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, фотографировали в 8 проекциях (масштаб 1 : 1), разрезали на блоки толщиной 2,5–3,0 см. Блоки проводили по спиртам и заливали в парафин. По методу Ниссля окрашивали каждый 40-й срез. На каждом срезе проводили цитоархитектоническую дифференцировку коры поля 10, изучали её строение на дорсолатеральной, базальной и медиальной поверхностях мозга. На базальной поверхности полушарий проводили морфометрическое исследование основных цитоархитектонических характеристик: толщины коры поля и ассоциативного слоя III, площади профильного поля нейронов этого слоя, плотности расположения в нем нейронов, общей глии, сателлитной глии и нейронов, окружённых ею.

Толщину коры и слоя III ( $n = 30$ ) измеряли при помощи цифровой камеры-окуляра DCM-130 в программе «ScorePhoto» под стереомикроскопом «МБС-9» при увеличении, аналогичном окуляру  $\times 14$  и объективу  $\times 2$ , на вершине извилины в тех местах, где срез проходил вдоль оси извилины. На таких срезах чётко просматривается радиарная исчерченность коры.

Площадь профильного поля нейронов измеряли на комплексе электронно-оптического анализа изображений «Leica» при увеличении 400 только у нейронов с четко очерченным контуром их сомы, ядра и ядрышка ( $n = 100–130$ ). На основании величины площади профильного поля выделяли три класса нейронов: мелкие ( $\leq 150$  мкм<sup>2</sup>), средние (150,1–270,0 мкм<sup>2</sup>), крупные ( $> 270,1$  мкм<sup>2</sup>).

Плотность расположения нейронов, общей и сателлитной глии (олигодендроциты), нейронов с сателлитной глией определяли в поле зрения препарата площадью 41 500 мкм<sup>2</sup>. В каждом полушарии мозга исследовали 7–10 полей зрения ( $\times 400$ ). Глиocyты считали сателлитными, если они располагались от нейрона на расстоянии диаметра ядра глиocyта.

Статистическую обработку полученных данных проводили в программе «Statistica 12». Использовали парный тест Вилкоксона, U-критерий Манна–Уитни. Отличия считали значимыми при  $p \leq 0,05$ . Количественные данные представлены в форме  $M \pm m$ , где  $M$  — среднее значение,  $m$  — среднее квадратичное отклонение.

## Результаты

Орбитальные борозды на базальной поверхности мозга И.П. Павлова характеризуются значительной асимметрией строения в правом и левом полушариях мозга. В правом полушарии мозга от поперечно-орбитальной борозды отходит только латеральная орбитальная борозда. Межуточная и медиальная орбитальные борозды самостоятельны и соединены друг с другом. В левом полушарии мозга поперечно-орбитальная борозда чётко выражена. От нее отходит одна глубокая межуточная борозда. Медиальная орбитальная борозда неглубокая, не соединена с поперечно-орбитальной. Латеральная орбитальная борозда не выражена (рис. 1).

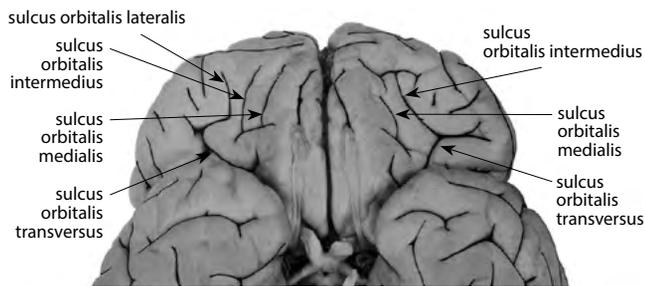


Рис. 1. Борозды лобной доли на базальной поверхности мозга учёно-физиолога И.П. Павлова.

Fig. 1. Frontal lobe sulci on the basal surface of the brain of the scientist and physiologist I.P. Pavlov.

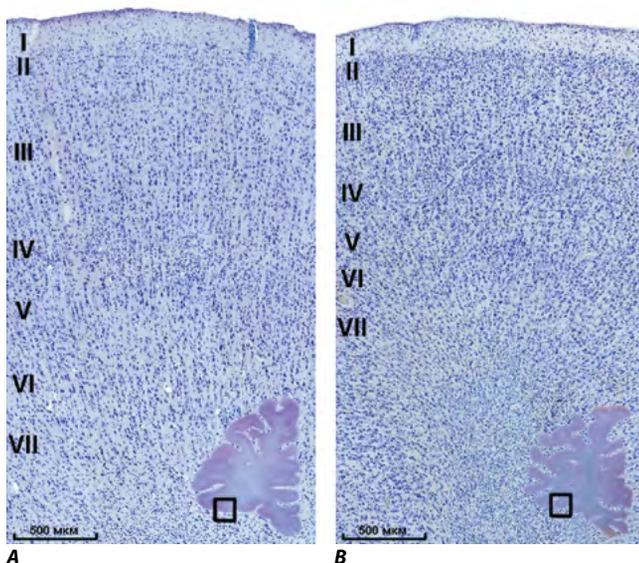


Рис. 2. Цитоархитектоника коры поля 10 левого полушария мозга учёно-физиолога И.П. Павлова (А) и мужчины старческого возраста (В).

Окраска крезилем фиолетовым по методу Ниссля, ув. 40.

Fig. 2. Area 10 cytoarchitecture in the left cerebral cortex of the scientist and physiologist I.P. Pavlov (A) and an elderly man (B). Cresyl violet staining using the Nissl method,  $\times 40$ .

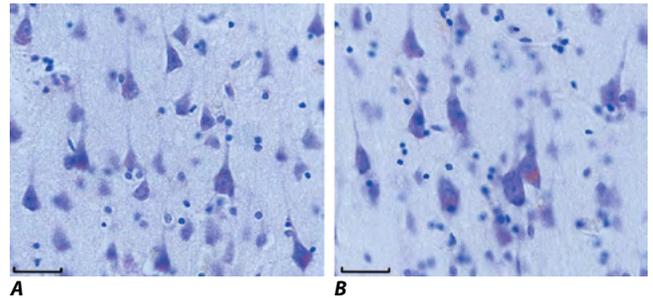


Рис. 3. Нейроны слоя III коры поля 10 в левом (А) и правом (В) полушариях мозга И.П. Павлова.

Окраска крезилем фиолетовым по методу Ниссля, ув. 20.

Fig. 3. Layer III neurons in area 10 of the left (A) and right (B) cerebral hemispheres of I.P. Pavlov.

Cresyl violet staining using the Nissl method,  $\times 20$ .

Результаты проведенного нами цитоархитектонического исследования показали, что кора поля 10 мозга И.П. Павлова по сравнению с аналогичной в мозге обычных мужчин соответствующего возраста имеет большую ширину её поперечника и толщину ассоциативного слоя III, более выраженную вертикальную упорядоченность расположения нейронов (рис. 2).

Следует также отметить, что у И.П. Павлова отмечается чёткая выраженность правополушарного профиля асимметрии ряда цитоархитектонических характеристик. Например, ассоциативный слой III коры поля 10 в правом полушарии его мозга более крупноклеточный, чем в левом (рис. 3).

Анализ морфометрических характеристик поля 10 И.П. Павлова показал, что большинство из них превышают таковые в контрольной группе мужчин соответствующего возраста. Так, толщина коры поля 10 у учёного равна в левом и правом полушариях  $2,86 \pm 0,02$  и  $2,95 \pm 0,04$  мм, а у мужчин контрольной группы значительно меньше —  $2,04 \pm 0,02$  и  $2,11 \pm 0,02$  мм соответственно ( $p = 0,000$ ). Вариативность данного показателя составляет у мужчин контрольной группы  $1,63$ – $2,34$  мм в левом полушарии мозга,  $1,55$ – $2,43$  мм — в правом.

Статистически значимые отличия выявлены при сопоставлении величины нейронов ассоциативного слоя III поля 10, которая была больше у И.П. Павлова по сравнению с мужчинами контрольной группы. Так, у учёно-физиолога площадь профильного поля нейронов этого слоя равна  $205,0 \pm 4,8$  мкм<sup>2</sup> в левом полушарии мозга и  $241,0 \pm 8,2$  мкм<sup>2</sup> — в правом. В контрольной группе величина данного показателя в левом полушарии в среднем составляла  $131,5 \pm 2,5$  мкм<sup>2</sup>, в правом —  $138,4 \pm 2,6$  мкм<sup>2</sup> ( $p = 0,000$ ).

Особо следует отметить наличия в подслое III<sup>3</sup> коры поля 10 мозга И.П. Павлова большого количества нейронов крупного размера, особенно в правом полушарии мозга. Так, в левом полушарии мозга их содержится в изученной структуре мозга  $10,5\%$ , в правом —  $36,9\%$ , что значительно больше, чем у мужчин контрольной группы, —  $2,0\%$  слева и  $3,0\%$  справа.

Кора поля 10 мозга И.П. Павлова густоклеточная. Плотность расположения нейронов в слое III поля 10 у него в левом полушарии равна  $25,5 \pm 1,2$  в поле зрения микроскопа, в правом —  $23,7 \pm 1,2$ , что значимо ( $p = 0,000$ ) больше, чем

у каждого из мужчин контрольной группы, где в среднем она составляет в левом полушарии  $18,7 \pm 0,7$ , в правом —  $19,3 \pm 0,8$ .

В слое III поля 10 коры мозга учёного выявлена большая численность сателлитной глии. В левом полушарии мозга она была равна  $16,7 \pm 1,5$  в поле зрения микроскопа, в правом —  $17,0 \pm 1,7$ , в контрольной группе:  $13,6 \pm 0,8$  слева ( $p = 0,050$ ) и  $12,9 \pm 0,7$  справа ( $p = 0,039$ ).

У И.П. Павлова в ассоциативном слое III поля 10 по сравнению с контрольной группой наблюдалось увеличение нейронов с перинеурональной (сателлитной) глией. Так, у Павлова в данной структуре мозга таких нейронов в поле зрения микроскопа содержалось слева  $12,6 \pm 0,8$ , справа  $12,3 \pm 1,2$ , что больше, чем у мужчин контрольной группы:  $10,3 \pm 0,6$  слева ( $p = 0,028$ )  $10,0 \pm 0,5$  справа ( $p = 0,082$ ).

Таким образом, префронтальная кора мозга И.П. Павлова, расположенная на базальной поверхности полушарий мозга, характеризуется правосторонним профилем макроскопического и цитоархитектонического строения и, по сравнению с обычными мужчинами контрольной группы, имеет большую величину толщины коры поля 10, площади профильного поля нейронов ассоциативного слоя III, доли в нем крупных нейронов, их плотности расположения, численной плотности сателлитной глии и нейронов, окружённых ею.

## Обсуждение

В результате исследования выявлено, что степень одарённости человека не имеет прямой зависимости от массы мозга. Масса изучаемого мозга И.П. Павлова равняется 1457 г. Наши данные совпадают с исследованиями других авторов, которые также не выявили прямой связи между массой мозга и талантом [1, 18]. Мозг известного русского писателя И.С. Тургенева весит 2012 г и является одним из самых крупных мозгов выдающихся людей, а самая маленькая масса мозга (1017 г) среди выдающихся людей описана у французского писателя А. Франца. Масса мозга выдающегося физика А. Эйнштейна равняется 1230 г [25].

Наши исследования выявили ряд отличий цитоархитектонической организации префронтальной коры мозга И.П. Павлова от таковой у 4 мужчин старческого возраста. Прежде всего, это проявляется в локализации крупных пирамидных нейронов, размеры которых значительно превышают размеры аналогичных пирамидных нейронов в префронтальной коре мозга мужчин контрольной группы. Крупным пирамидным нейронам уделяется большое вни-

мание ученых, т.к. «эти нейроны обеспечивают преимущественно передачу импульсов эффекторным системам подкорковых образований и другим областям коры полушарий» [26]. Крупные нейроны характеризуются высокой активностью синтеза белка и РНК [27, 28].

Выявленное в нашей работе значительно большее процентное содержание крупных пирамидных нейронов в поле 10 префронтальной коры мозга, по-видимому, обеспечивает в корковых структурах мозга И.П. Павлова более быструю конвергенцию и обработку поступающих в них стимулов. Наличие большего содержания крупных пирамидных нейронов в префронтальной коре связано также, по-видимому, с более значительным развитием волокнистых структур, т.к. крупные нейроны играют важную роль в образовании длинных ассоциативных внутриполушарных и межполушарных связей [29]. Одним из важных признаков, характеризующих структурную организацию префронтальной коры мозга И.П. Павлова, является высокая численность сателлитной глии и высокое нейроглиальное соотношение в коре поля 10. Глия играет важную роль в снабжении нейронов питательными веществами [30], развитии и формировании миелина, что ускоряет проведение нервных импульсов [31]. Глиальные клетки оказывают структурную поддержку нейронов, их электрическую изоляцию [32]. Глиальные клетки имеют многочисленные рецепторы к медиаторам, глиальные клетки секретируют такие вещества, как фактор роста, что способствует росту нейроцитов, и активно реагируют на нейрональные повреждения [33]. В связи с вышесказанным значительное увеличение глии в мозге человека определяет индивидуальную вариабельность мозга и способствует, по-видимому, большой активности нейронов [34]. Увеличение количества глии в коре мозга было также отмечено при изучении мозга других выдающихся учёных, например, физика А. Эйнштейна [35].

При изучении цитоархитектоники мозга И.П. Павлова нами также выявлена определённая межполушарная асимметрия цитоархитектонической организации префронтальной коры мозга, что является важной характеристикой строения мозга человека [36–38]. Наши данные согласуются с данными К. Amunts [23], которая также описала ярко выраженную асимметрию речевых полей 44 и 45 в мозге знаменитого переводчика.

Сегодня рано говорить о том, что творческий потенциал, талант и одарённость выдающегося учёного-физиолога И.П. Павлова связана только с этими принципами организации полей префронтальной коры мозга. Проблема поиска нейробиологических основ таланта требует дальнейших исследований.

## Список литературы

1. Wagner R. Zur Erinnerung an Karl Friedrich Gauss. *Hannoversche Zeitung*. 1855: 374–375.
2. Зернов Д.Н. Индивидуальные типы мозговых извилин у человека. М., 1877. 81 с.
3. Зернов Д.Н. К вопросу об анатомических особенностях мозга интеллигентных людей. *Съезд Русских врачей, 2-й: Труды*. М., 1887.
4. Retzius G. Das Gehirn des Mathematikers Sonja Kowalewski. *Biologische Untersuchungen neue Folge*. 1900; 9: 1–16.
5. Spitzka 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. *Transactions of the American Philosophical Society, New Series*. 1907; 21(4): 175–308.
6. Бехтерев В.М., Вейнберг Р.Л. Мозг Д.И. Менделеева. *Обозрение психиатрии, неврологии и экспериментальной психологии*. 1908; (10): 637–639.

## References

1. Wagner R. Zur Erinnerung an Karl Friedrich Gauss. *Hannoversche Zeitung*. 1855: 374–375.
2. Zernov D.N. [Individual types of brain gyrations in humans]. Moscow, 1877. 81 p. (In Russ.)
3. Zernov D.N. [On the question of anatomical features of the brain of intelligent people]. *Congress of Russian doctors, 2nd: Proceedings*. Moscow, 1887. (In Russ.)
4. Retzius G. Das Gehirn des Mathematikers Sonja Kowalewski. *Biologische Untersuchungen neue Folge*. 1900; 9: 1–16.
5. Spitzka 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. *Transactions of the American Philosophical Society, New Series*. 1907; 21(4): 175–308.
6. Bekhterev V.M., Weinberg R.L. [The brain of D.I. Mendeleev]. *Obzrenie psichiatrii, nevrologii i eksperimental'noj psihologii*. 1908; (10): 637–639. (In Russ.)

7. Капустин А.А. Об архитектуре мозга ученых. *Сборник проф. Г.И. Россоломо (1884–1924)*. М., 1925; XVIII(2). 981 с.
8. Капустин А.А. О мозге ученых в связи с проблемой взаимоотношения между величиной мозга и одаренностью. *Клинический архив генальности и одаренности (эвропатологии)*. 1926; (2): 107–114.
9. Morgan A.J. *Evolving brains*. N.Y., 1999. 240 p.
10. Адрианов О.С., Боголепова И.Н., Блинков С.М., Кукуев Л.А. Исследование мозга В.И. Ленина. *Успехи физиологических наук*. 1993; 24(3): 40.
11. Боголепова И.Н., Боголепов Н.Н. Мозг Маяковского. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1997; 97(5): 47–50.
12. Вейн А.А. История посмертного исследования мозга А.Я. Кожевникова С.С. Корсакова. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2008; 108(7): 68–71.
13. Van Essen D.C. Cerebral cortical folding patterns in primates: Why the vary and what they signify. In: J.H. Klass, T.M. Pruess (eds.). *Evolution of the nervous system*. 2012; 4: 267–289.
14. Buckner R.L., Krienen F.M. The evolution of distributed association networks in the human brain. *Trends Cogn Sci*. 2013; 17: 648–665. DOI: 10.1016/j.tics.2013.09.017. PMID: 24210963.
15. Боголепова И.Н. Некоторые сведения о массе мозга человека. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1993; 93(5): 106–108.
16. Ho K.C., Roessmann U., Straumfjord J.V., Monroe G. Analysis of brain weight. I. Adult brain weight in relation to sex, race, and age. *Arch Pathol Lab Med*. 1980; 104(12): 635–639. PMID: 6893659.
17. Ivanovic D.M., Leiva B.P., Pérez H.T., et al. Head size and intelligence, learning, nutritional status and brain development. Head, IQ, learning, nutrition and brain. *Neuropsychologia*. 2004; 42(8): 1118–1131. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.022. PMID: 15093150.
18. Witelson S.F., Beresh H., Kigar D.L. Intelligence and brain size in 100 post-mortem brains: sex, lateralization and age factors. *Brain*. 2006; 129: 386–398. DOI: 10.1093/brain/awh696. PMID: 16339797.
19. Brouwer R.M., Hedman A.M., van Haren N.E. et al. Heritability of brain volume change and its relation to intelligence. *Neuroimage*. 2014; 100: 676–683. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2014.04.072. PMID: 24816534.
20. Andreasen N.C., Flaum M., Swayze V. et al. Intelligence and brain structure in normal individuals. *Am J Psychiatry*. 1993; 150(1): 130–134. DOI: 10.1176/ajp.150.1.130. PMID: 8417555.
21. Sternberg R.J., O'hara L.A. "Intelligence and creativity". In: R.J. Sternberg (ed.) *Handbook of Intelligence*. N.Y., 2000: 252–272.
22. Lefebvre L., Reader S.M., Sol D. Innovating innovation rate and its relationship with brains, ecology and general intelligence. *Brain Behav Evol*. 2013; 81: 143–145. DOI: 10.1159/000348485. PMID: 23548677.
23. Amunts K., Schleicher A., Zilles K. Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. *Brain Lang*. 2004; 89(2): 346–353. DOI: 10.1016/S0093-934X(03)00360-2. PMID: 15068917.
24. Кононова Е.П. Методы исследования архитектонического строения коры большого мозга. В кн.: С.А. Саркисов, И.Н. Филимонов и Н.С. Преображенская (ред.) *Цитоархитектоника коры большого мозга человека*. М., 1949. С. 221–239.
25. Falk D., Lepore F.E., Noe A. The cerebral cortex of Albert Einstein: a description and preliminary analysis of unpublished photographs. *Brain*. 2013; 136(Pt 4): 1304–1327. DOI: 10.1093/brain/awt295. PMID: 23161163.
26. Саркисов С.А. Функциональная интерпретация некоторых морфологических образований коры больших полушарий в аспекте эволюции. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1960; 60(6): 645–652.
27. Бродский В.Я. Трофика клетки. М., 1966. 355 с.
28. Певзнер Л.З. Функциональная биохимия нейроглии. М., 1972. 200 с.
29. Поляков Г.И. Основы систематики нейронов новой коры большого мозга человека. М., 1973. 309 с.
30. Kuffler S.W., Nicholls J.G. The physiology of neuroglial cells. *Ergeb Physiol*. 1966; 57: 1–90. PMID: 5330861.
31. Sunders N.R., Habgood M.D., Dziegielewska K.M. Barrie mechanisms in the brain. *Adult Brain Clin Exp Pharmacol Physiol*. 1999; 26: 11–19.
32. Ranson B.R., Sontheimer H. The neurophysiology of glial cells. *J. Clin. Neurophysiol*. 1992; 9: 224–251. DOI: 10.1097/00004691-199204010-00005. PMID: 1375603.
33. Николлс Дж.Г. От нейрона к мозгу. М., 2003. 671 с.
34. Боголепова И.Н. Нейроглиальные взаимоотношения как один из показателей индивидуальной вариабельности мозга человека. *Морфология*. 1993; 105 (7–8): 21–22.
35. Diamond M.C., Scheibel A.B., Murphy G.M. Jr., Harvey T. On the brain of a scientist: Albert Einstein. *Exp Neurol*. 1985; 88(1): 198–204. DOI: 10.1016/0014-4886(85)90123-2. PMID: 3979509.
36. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Цитоархитектонические критерии структурной асимметрии корковых формаций мозга человека. В сб.: *Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии*. М., 2003: 41–45.
37. Улинс Х.Б., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Некоторые особенности строения правого и левого полушарий мозга человека. В сб.: Е.Д. Хомская, Т.В. Ахутина (ред.) *I международная конференция памяти А.Р. Лурия*. М., 1998: 82–87.
38. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. М., 2003. 288 с.
7. Kapustin A.A. [About the architecture of the brain of scientists]. *The collection of Professor G.I. Rossolimo (1884–1924)*. Moscow, 1925; XVIII(2). 981 p. (In Russ.)
8. Kapustin A.A. [About the brain of scientists in connection with the problem of the relationship between the size of the brain and giftedness]. *Klinicheskij arhiv genial'nosti i odaryonnosti (evropatologii)*. 1926; (2): 107–114. (In Russ.)
9. Morgan A.J. *Evolving brains*. N.Y., 1999. 240 p.
10. Adrianov O.S., Bogolepova I.N., Blinkov S.M., Kukuev L.A. [Study of the brain of V.I. Lenin]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*. 1993; 24(3): 40. (In Russ.)
11. Bogolepova I.N., Bogolepov N.N. [Mayakovsky's brain]. *Zhurnal neurologii i psihiatrii im. S.S. Korsakova*. 1997; 97(5): 47–50. (In Russ.)
12. Vane A.A. [History of postmortem brain research of A.Y. Kozhevnikov and S.S. Korsakov]. *Zhurnal neurologii i psihiatrii im. S.S. Korsakova*. 2008; 108(7): 68–71. (In Russ.)
13. Van Essen D.C. Cerebral cortical folding patterns in primates: Why the vary and what they signify. In: J.H. Klass, T.M. Pruess (eds.). *Evolution of the nervous system*. 2012; 4: 267–289.
14. Buckner R.L., Krienen F.M. The evolution of distributed association networks in the human brain. *Trends Cogn Sci*. 2013; 17: 648–665. DOI: 10.1016/j.tics.2013.09.017. PMID: 24210963.
15. Bogolepova I.N. [Some information about the mass of the human brain]. *Zhurnal neurologii i psihiatrii im. S.S. Korsakova*. 1993; 93(5): 106–108. (In Russ.)
16. Ho K.C., Roessmann U., Straumfjord J.V., Monroe G. Analysis of brain weight. I. Adult brain weight in relation to sex, race, and age. *Arch Pathol Lab Med*. 1980; 104(12): 635–639. PMID: 6893659.
17. Ivanovic D.M., Leiva B.P., Pérez H.T., et al. Head size and intelligence, learning, nutritional status and brain development. Head, IQ, learning, nutrition and brain. *Neuropsychologia*. 2004; 42(8): 1118–1131. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.022. PMID: 15093150.
18. Witelson S.F., Beresh H., Kigar D.L. Intelligence and brain size in 100 post-mortem brains: sex, lateralization and age factors. *Brain*. 2006; 129: 386–398. DOI: 10.1093/brain/awh696. PMID: 16339797.
19. Brouwer R.M., Hedman A.M., van Haren N.E. et al. Heritability of brain volume change and its relation to intelligence. *Neuroimage*. 2014; 100: 676–683. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2014.04.072. PMID: 24816534.
20. Andreasen N.C., Flaum M., Swayze V. et al. Intelligence and brain structure in normal individuals. *Am J Psychiatry*. 1993; 150(1): 130–134. DOI: 10.1176/ajp.150.1.130. PMID: 8417555.
21. Sternberg R.J., O'hara L.A. "Intelligence and creativity". In: R.J. Sternberg (ed.) *Handbook of Intelligence*. N.Y., 2000: 252–272.
22. Lefebvre L., Reader S.M., Sol D. Innovating innovation rate and its relationship with brains, ecology and general intelligence. *Brain Behav Evol*. 2013; 81: 143–145. DOI: 10.1159/000348485. PMID: 23548677.
23. Amunts K., Schleicher A., Zilles K. Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. *Brain Lang*. 2004; 89(2): 346–353. DOI: 10.1016/S0093-934X(03)00360-2. PMID: 15068917.
24. Kononova E.P. [Methods for studying the architectonic structure of the cerebral cortex]. In: S.A. Sarkisov, I.N. Filimonov, N.S. Preobrazhenskaya (eds.) *Cytoarchitectonics of the human cerebral cortex*. Moscow, 1949: 221–239. (In Russ.)
25. Falk D., Lepore F.E., Noe A. The cerebral cortex of Albert Einstein: a description and preliminary analysis of unpublished photographs. *Brain*. 2013; 136(Pt 4): 1304–1327. DOI: 10.1093/brain/awt295. PMID: 23161163.
26. Sarkisov S.A. [Functional interpretation of some morphological formations of the cerebral cortex in the aspect of evolution]. *Zhurnal neurologii i psihiatrii im. S.S. Korsakova*. 1960; 60(6): 645–652. (In Russ.)
27. Brodsky V.Y. [Trophic of the cell]. Moscow, 1966. 355 p. (In Russ.)
28. Pevsner L.Z. [Functional biochemistry of neuroglia]. Moscow, 1972. 200 p. (In Russ.)
29. Polyakov G.I. [Fundamentals of systematics of neurons in the new cortex of the human brain]. Moscow, 1973. 309 p. (In Russ.)
30. Kuffler S.W., Nicholls J.G. The physiology of neuroglial cells. *Ergeb Physiol*. 1966; 57: 1–90. PMID: 5330861.
31. Sunders N.R., Habgood M.D., Dziegielewska K.M. Barrie mechanisms in the brain. *Adult Brain Clin Exp Pharmacol Physiol*. 1999; 26: 11–19.
32. Ranson B.R., Sontheimer H. The neurophysiology of glial cells. *J. Clin. Neurophysiol*. 1992; 9: 224–251. DOI: 10.1097/00004691-199204010-00005. PMID: 1375603.
33. Nicholls J.G. From neuron to brain. Sunderland, 2012. 765 p.
34. Bogolepova I.N. [Neuroglial relationships as one of the indicators of individual variability of the human brain]. *Morfologiya*. 1993; 105 (7–8): 21–22. (In Russ.)
35. Diamond M.C., Scheibel A.B., Murphy G.M. Jr., Harvey T. On the brain of a scientist: Albert Einstein. *Exp Neurol*. 1985; 88(1): 198–204. DOI: 10.1016/0014-4886(85)90123-2. PMID: 3979509.
36. Bogolepova I.N., Malofeeva L.I. [Cytoarchitectonic criteria for structural asymmetry of cortical formations of the human brain]. In: *Current issues of functional interhemispheric asymmetry*. Moscow, 2003: 41–45. (In Russ.)
37. Ulings H.B., Bogolepova I.N., Malofeeva L.I. [Some features of the structure of the right and left hemispheres of the human brain]. In: E.D. Chomsky, T.V. Akhutina (eds.) *I International conference in memory of A.R. Luria*. Moscow, 1998: 82–87. (In Russ.)
38. Fokin V.F., Ponomareva N.V. [Energy physiology of the brain]. Moscow, 2003. 288 p. (In Russ.)

### Информация об авторах

*Пирадов Михаил Александрович* — д.м.н., проф., академик РАН, директор ФГБНУ НЦН, Москва, Россия

*Иллариошкин Сергей Николаевич* — д.м.н., член-корр. РАН, зам. директора по научной работе, рук. отдела исследований мозга ФГБНУ НЦН, Москва, Россия

*Боголепова Ирина Николаевна* — д.м.н., проф., академик РАН, зав. лаб. анатомии и архитектоники мозга ФГБНУ НЦН, Москва, Россия

*Малофеева Лидия Ивановна* — канд. биол. наук, в.н.с. лаб. анатомии и архитектоники мозга отдела исследований мозга ФГБНУ НЦН, Москва, Россия

*Агапов Павел Алексеевич* — к.б.н., с.н.с. лаб. анатомии и архитектоники мозга ФГБНУ НЦН, Москва, Россия

*Малофеева Ирина Григорьевна* — м.н.с. лаб. анатомии и архитектоники мозга ФГБНУ НЦН, Москва, Россия

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

### Information about the authors

*Mikhail A. Piradov* — D. Sci. (Med.), Prof., Full Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

*Sergey N. Illarioshkin* — D. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Research, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

*Irina N. Bogolepova* — D. Sci. (Med.), Prof., Full Member of the Russian Academy of Sciences, Head, Laboratory of brain anatomy and architectonics, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

*Lydia I. Malofeeva* — PhD (Biol.), leading researcher, Laboratory of brain anatomy and architectonics, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

*Pavel A. Agapov* — PhD (Biol.), senior researcher, Laboratory of brain anatomy and architectonics, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

*Irina G. Malofeeva* — junior researcher, Laboratory of brain anatomy and architectonics, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

**Author contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published.

**Conflict of interest.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.