

## ВЕС МОЗГА ЖИВОТНЫХ В СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКОМ РЯДУ Боголепова И.Н., Агапов П.А., Малофеева И.Г., Диффинэ Е.А., Курьянова Л.М.

Научный центр неврологии, Москва, Россия, e-mail: bogolepovaira@gmail.com

### Для цитирования:

Боголепова И.Н., Агапов П.А., Малофеева И.Г., Диффинэ Е.А., Курьянова Л.М. Вес мозга животных в сравнительно-анатомическом ряду. *Морфологические ведомости*. 2022;30(4):707. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022;30\(4\).707](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022;30(4).707)

**Резюме.** Сравнение и установление способности к мышлению между различными организмами и весом их мозга является сложной задачей. В некоторых работах сообщалось о попытках провести межвидовые корреляции между размерами мозга и когнитивными способностями, однако однозначных данных получено не было. Целью настоящего исследования явилось изучение веса мозга животных и цитоархитектонической организации его корковых формаций в сравнительно-анатомическом ряду. Исследовались препараты мозга коллекции лаборатории цитоархитектоники и эволюции мозга Института мозга Научного центра неврологии. Был изучен вес мозга 401 млекопитающего животного. Взятие материала осуществлялось в течение 24 часов после смерти животного, мозг фиксировался в 10% растворе нейтрального формалина, фотографировался. Отдельные участки мозга были порезаны во фронтальной плоскости для микроскопического исследования. Толщина срезов составила 20 мкм, препараты окрашены крезиловым фиолетовым по методу Ниссля. В сравнительно-анатомическом ряду отмечается развитие и усложнение структурной организации мозга животных, проявляющееся, прежде всего, в дифференцировке новой коры на отдельные цитоархитектонические области и корковые поля. В результате исследования установлено, что мозг грызунов имеет более примитивное строение, а у хищных по сравнению с мозгом грызунов определяются хорошо выраженные крупные дугообразные борозды и извилины, более сложное строение новой коры. Корковые формации мозга хищных представлены основными областями. Отмечаются значительные особенности в строении корковых формаций мозга приматов. Мозг обезьян четко делится на отдельные области, а области на отдельные корковые поля, четко выделяются все цитоархитектонические слои. В целом проведенное исследование показало, что в сравнительно-анатомическом ряду вес мозга животных увеличивается, при этом решающую роль в формировании и усложнении когнитивных функций, по-видимому, играет усложнение структурной организации корковых формаций мозга, ее дифференцировка на отдельные области, поля и подполя, а также изменение их нейронного состава.

**Ключевые слова:** мозг, вес мозга, млекопитающие, сравнительная анатомия, цитоархитектоника

Статья поступила в редакцию 23 апреля 2022

Статья принята к публикации 23 декабря 2022

## THE WEIGHT OF THE ANIMAL'S BRAIN IN A COMPARATIVE ANATOMICAL SERIES Bogolepova IN, Agapov PA, Malofeeva IG, Diffine EA, Kur'yanova LM

Scientific Center of Neurology, Moscow, Russia, e-mail: bogolepovaira@gmail.com

### For the citation:

Bogolepova IN, Agapov PA, Malofeeva IG, Diffine EA, Kur'yanova LM. The weight of the animal's brain in a comparative anatomical series. *Morphologicheskies Vedomosti – Morphological newsletter*. 2022;30(4):707. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30\(4\).707](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(4).707)

**Summary.** Comparing and establishing the ability to think between different organisms and the weight of their brains is a difficult task. Some studies have reported attempts to draw cross-species correlations between brain size and cognitive abilities, but no unambiguous data have been obtained. The purpose of this study was analysis of changings of the weight of the brain of animals and the cytoarchitectonic organization of its cortical formations in a comparative anatomical series. Brain preparations from the collection of the Laboratory of Cytoarchitectonics and Brain Evolution of the Institute of the Brain of the Scientific Center of Neurology were studied. The brain weight of 401 mammals was studied. The material was taken within 24 hours after the death of the animal, the brain was fixed in a 10% solution of neutral formalin, and photographed. Separate areas of the brain were cut in the frontal plane for microscopic examination. The section thickness was 20  $\mu$ m, the preparations were stained with cresyl-violet according to the Nissl method. In the comparative anatomical series, the development and complication of the structural organization of the brain of animals is noted, which manifests itself primarily in the differentiation of the new cortex into separate cytoarchitectonic areas and cortical fields. As a result of the study, it was found that the brain of rodents has a more primitive structure, and in carnivores, in comparison with the brain of rodents, well-defined large arcuate grooves and convolutions are determined, the structure of the new cortex is more complex. The cortical formations of the brain of primates are represented by the main areas. There are significant features in the structure of the cortical formations of the brain of primates. The brain of monkeys is clearly divided into separate regions, and the regions into separate cortical fields, all cytoarchitectonic layers are clearly distinguished. In general, the study showed that in the comparative anatomical series, the weight of the brain of animals increases, while the decisive role in the formation and complication of cognitive functions, apparently, is played by the complication of the structural organization of the cortical formations of the brain, its differentiation into separate areas, fields and subfields, as well as changes in their neural composition.

**Key words:** brain, brain weight, mammals, comparative anatomy, cytoarchitectonics

Article received 23 April 2022  
Article accepted 23 December 2022

На протяжении многих лет ученые предполагали, что абсолютный вес мозга отражает нашу способность думать и при-

нимать решения. Это сыграло определенную роль в развитии научных исследований [1–6]. Однако сравнение и установле-

ние способности к мышлению между индивидуумами и весом их мозга является сложной задачей. В некоторых работах сообщалось о попытках провести межвидовые корреляции между размерами мозга и когнитивными способностями [7-8], однако однозначных результатов получено не было.

**Целью наших исследований** было изучение изменений веса мозга в сравнительно-анатомическом ряду млекопитающих животных разных видов.

**Материалы и методы исследования.** В лаборатории цитоархитектоники и эволюции мозга Института мозга Научного центра неврологии изучен вес мозга следующих млекопитающих животных: насекомоядных, грызунов, хищных, обезьян и других. Всего был исследован 401 мозг. Взятие материала осуществлялось в течение 24 часов после смерти. Препарат мозга фиксировался в 10% растворе нейтрального формалина, фотографировался. Мозги представителей разных видов животных из каждого класса млекопитающих (ежа, крысы, кошки, собаки, дельфина, макака-резус и других) резались на блоки, проводились по спиртам восходящей концентрации и заливались в парафин. Блоки мозга были порезаны во фронтальной плоскости. Толщина срезов составила 20 мкм, их окраска произведена крезиловым фиолетовым по методу Ниссля. Исследование строения коры мозга животных проводилось с помощью микроскопа МБС-9 при 28 кратном увеличении и комплекса электронно-оптического анализа изображений.

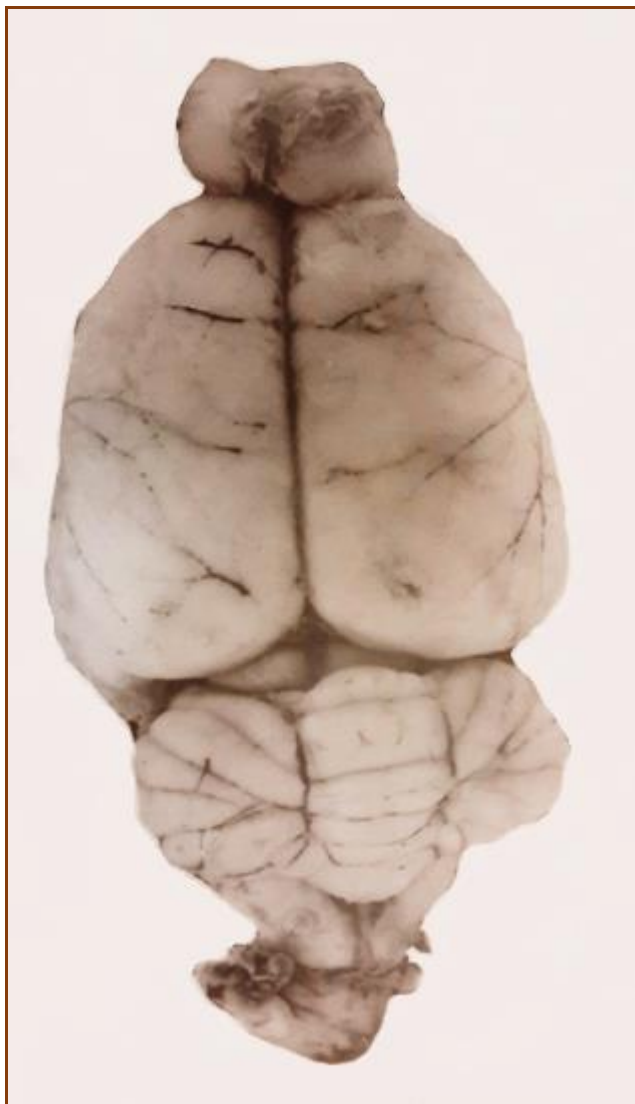
**Результаты исследования и обсуждение.** В процессе исследования был выявлен сложный путь развития мозга в сравнительно-анатомическом ряду. Основным и ведущим признаком эволюции мозга является развитие новой коры мозга, а также параллельное значительное увеличение веса мозга. Вес мозга ежа, который относится к насекомоядным, равен приблизительно 3,3 грамма. Мозг ежа характеризуется развитием больших полушарий мозга, однако, его поверхность гладкая, а борозды и извилины отсутствуют. Цитоархитектоника коры мозга ежа развита очень слабо, следует отметить раз-

витие слоя I и слоев V и VII. Верхний этаж коры мозга ежа практически не выражен.

Проведенные исследования веса мозга крыс показали, что средний вес мозга крысы равняется 1,794 грамма. Индивидуальные колебания веса мозга у крыс достаточно большие от 1,5 до 2,0 грамм (рис. 1). Исследование веса мозга мышей показало, что средний вес мозга мышей равняется 0,498 грамма, а индивидуальная вариабельность веса мозга мышей колеблется от 0,350 до 0,690 грамма. В коре больших полушарий мозга грызунов выделяются основные борозды и извилины. В роstralной части переднего мозга грызунов располагается обонятельная луковица. Определяются соматосенсорная, лимбическая, обонятельная, зрительная и слуховая кора, а также гиппокамп. Отмечается дифференцировка корковых областей мозга грызунов на отдельные корковые поля и выделяются цитоархитектонические слои. В результате исследований мозга кроликов показано, что вес мозга кролика в среднем равняется 9,4 грамма, а индивидуальные колебания веса мозга кролика находятся в пределах 8-11 грамм (рис. 2).

Анализ веса мозга кошек показал, что средний вес его равняется 27,8 грамма. Изучение веса мозга собак показало, что средний вес равняется 94,6 грамма. Была установлена большая вариабельность веса мозга собак различных пород. Так, вес мозга доберман-пинчера и вес мозга немецкой овчарки в среднем равняется 91 г, вес мозга ирландского сеттера – 73 г, вес мозга гончей – 120 г, дога – 114 г, борзой – 112 г, эрдельтерьера – 95 г, ротвейлера – 122 г, сибирской лайки – 105 г, динго – 99 г, шпица – 82 г. Вес мозга медведей равняется 403 граммам, вес мозга тигров – 220, вес мозга львов – 230, вес мозга волка – 145, а вес мозга леопарда – 182 граммам.

Мозг хищных по сравнению с мозгом грызунов отличается хорошо выраженными крупными дугообразными бороздами и извилинами, более сложным строением новой коры. Корковые формации мозга хищных представлены такими основными областями, как двигательная, соматосенсорная, слуховая, зрительная и другие.



**Рис. 1.** Фото мозга крысы (масштаб 1:7)

Величина поперечника коры мозга хищных достигает 2,3–3,5 мм. Следует отметить особенности развития цитоархитектоники коры мозга хищных по сравнению с корой мозга грызунов. Это проявляется в выраженности и развитии цитоархитектонических слоев II и III, увеличении размеров нейронов и многообразии их форм. Хищные животные отличаются различными типами социального поведения. Они, как правило, живут семьями или стаями, как например, львы и волки. Редко хищные живут в одиночку, как, например, медведи и леопарды. Многие хищники хорошо обучаются, например, собаки и кошки. У хищных нередко проявляется межвидовая конкуренция, например, если на территорию соболя попадает горноста́й, то соболь становится агрессивным и прогоняет его со своей территории.



**Рис. 2.** Фото мозга кролика (масштаб 1:5)

Большой интерес представляет собой диапазон весовых показателей мозга жвачных и парнокопытных млекопитающих. Так, вес мозга барана – 116 г, вес мозга яка – 367 г, вес мозга косули – 115 г, вес мозга лани – 154 г, вес мозга жирафа – 714 г, вес мозга оленя – 160 г, вес мозга овцы – 96 г, вес мозга лося – 371 г, вес мозга свиньи – 118 г, вес мозга лошади – 621 г, вес мозга антилопы – 482 г, вес мозга джейрана – 97 г. Одним из самых больших мозгов, появившихся в процессе эволюции, является мозг слона, его мозг весит 4742 грамма и мозг кита, вес которого достигает 7190 грамм.

Следующий этап в увеличении веса мозга и развитии структурной организации корковых формаций мозга наблюдается у приматов. Было показано, что средний вес мозга гамадрила равняется 142 г, средний вес мозга мартышки – 125 г, сред-

ний вес мозга макаки-резус равняется 89 г, средний вес мозга капуцина – 72 г, средний вес мозга зеленой макаки – 78 г, средний вес мозга павиана – 178 г, средний вес мозга гамадрилы – 142 г, средний вес мозга орангутана – 389 г, средний вес мозга шимпанзе – 410 г, средний вес мозга гориллы – 700 г. У приматов наблюдается большая индивидуальная вариабельность веса мозга, так, индивидуальная вариабельность веса мозга макаки-резус колеблется от 73 до 120 г, у павиана – гамадрила от 160 до 201 г, у орангутана – от 350 до 435 г, у шимпанзе – от 396 до 442 г. Отмечаются значительные особенности в строении корковых формаций мозга приматов. Мозг обезьян четко делится на отдельные области, а области на отдельные корковые поля. Хорошо выделяются все 7 цитоархитектонических слоев. В отличие от мозга человека в новой коре обезьян слабо развита лобная доля и нижняя теменная доля, отсутствует зона Брока. Обезьяны отличаются от других животных определенной способностью к мышлению. Они способны к так называемой орудийной деятельности, запоминают много слов-команд, умеют различать предметы по форме, по их названию. Однако, у обезьян отсутствует способность абстрагирования, способность решать новые задачи [9–11].

В современной литературе идет большая дискуссия о корреляции когнитивных способностей животных и веса их мозга. Проведя сравнительный анализ веса мозга животных в сравнительно-анатомическом ряду и их когнитивными функциями, многие авторы пытались ответить на вопрос о том, совпадает ли увеличение веса мозга с усложнением высших когнитивных функций. Самый большой вес мозга наблюдается у китов и слонов, однако они не являются самыми способными животными.

В сравнительно-анатомическом ряду отмечается развитие и усложнение структурной организации мозга животных, проявляющееся, прежде всего, в дифференцировке новой коры на отдельные цитоархитектонические области и корковые поля. Выявляется сложное деление новой коры животных на цитоархитектонические слои, а также усложняется

нейронный состав корковых и подкорковых формаций мозга животных. При исследовании и оценке работы мозга большое значение имеет количество нейронов.

По данным некоторых авторов, у ряда животных в процессе эволюции масса мозга может быть одинаковой, а число нейронов и выраженность когнитивных функций совершенно различной. Так, масса коры мозга копибары, который относится к отряду грызунов, равняется 48,2 грамма и у индийского макака, который относится к приматам, масса коры мозга равняется 48,3 грамма, а количество нейронов в коре этих животных различно. Число нейронов в коре мозга копибары достигает 306 миллионов, а в коре мозга индийского макака – 7 миллиардов, то есть у индийского макака нейронов в коре значительно больше, чем у копибары.

Большой интерес представляют факты, свидетельствующие, что в разных структурах у разных животных в сравнительно-анатомическом ряду увеличение нейронов происходит по-разному. Так, например, масса мозжечка копибары равняется 6,8 грамма и там располагается 1,2 миллиарда нейронов, а у индийского макака масса мозжечка достигает 5,7 грамма, количество нейронов в его мозжечке – 2,0 миллиарда нейронов, то есть, значительно больше [12]. Эти данные свидетельствуют о том, что мозги одной величины могут содержать различное число нейронов, что резко отличает их по функциональной деятельности. Их когнитивные способности совершенно различны, и обезьяны значительно превосходят по многим показателем мыслительной деятельности грызунов.

Возникает вопрос о том, единичны ли случаи совпадения веса мозга животных? В сравнительно-анатомическом ряду проведенный анализ веса мозга у разных животных установил одинаковый вес мозга у шимпанзе и коровы. Эти животные резко различаются по своему уровню развития, а вес их мозга показывает практически абсолютное сходство, а именно 300–400 грамм. Необходимо подчеркнуть, что структурная организация мозга этих животных различается. Шимпанзе относится к приматам, структурная организация

мозга шимпанзе отличается большой сложностью по сравнению с мозгом коровы [9]. Кора больших полушарий мозга шимпанзе делится на различные корковые области, например, такие, как лобная, зрительная, слуховая и другие. Каждая область делится на значительное число цитоархитектонических полей, многие из которых отсутствуют в мозге коровы. Нейронный состав корковых формаций мозга шимпанзе отличается большим разнообразием формы и размеров нервных клеток по сравнению с нейронным составом корковых формаций мозга коровы. В мозге шимпанзе найдено значительно больше нейронов, чем в мозге коровы. Так, у шимпанзе насчитывается 6 миллиардов нейронов, а у коровы – 1,2 миллиарда нейронов [12]. Шимпанзе отличаются по характеру своего поведения, когнитивными функциями и эмоциями от коров.

Шимпанзе не умеют говорить, но они могут общаться с помощью жестов, понимают речь человека, используют палки для изготовления простейших орудий и т.д. Приведенные данные свидетельствуют о том, что мозги одного и того же веса, и размера могут содержать различное число нейронов, в связи с чем объем их функциональной деятельности различается.

**Заключение.** Таким образом, проведенное исследование показало, что в процессе развития в сравнительно-анатомическом ряду вес мозга животных увеличивается, однако, решающую роль в формировании когнитивных функций играет усложнение структурной организации корковых формаций мозга, ее дифференцировка на отдельные области, поля и подполя, а также изменение их нейронного состава.

## Литература References

1. Ivanovic DM, Leiva BP, Pérez HT 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
2. Brouwer RM, Hedman AM, van Haren NE 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
3. Lefebvre L, Reader SM, Sol D. Innovating innovation rate and its relationship with brains, ecology and general intelligence. *Brain Behav Evol*. 2013;81(3):143-145. DOI: 10.1159/000348485
4. Gould SJ. *The Structure of Evolutionary Theory*. MA, USA, and London, UK: The Belknap Press of Harvard Univ., 2002.- 1433pp
5. Aiello LC, Wheeler P. The Expensive Tissue Hypothesis. *The Brain and the Digestive System in Human Evolution. Current Anthropology*. 1995;36(2):199-221. <http://dx.doi.org/10.1086/204350>
6. Barton RA, Harvey PH. Mosaic evolution of brain structure in mammals. *Nature*. 2000;405(6790):1055-1058. DOI: 10.1038/35016580
7. MacLean EL, Hare B, Nunn CL et al. The evolution of self-control. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2014;111(20):E2140-2148. DOI: 10.1073/pnas.1323533111
8. Benson-Amram S, Dantzer B, Stricker G. Brain size predicts problem-solving ability in mammalian carnivores. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2016;113(9):2532-2537. DOI: 10.1073/pnas.1505913113
9. Inoue S, Matsuzawa T. Working memory of numerals in chimpanzees. *Curr Biol*. 2007;17(23):1004-1005. DOI: 10.1016/j.cub.2007.10.027
10. De Veer MW, Gallup GG Jr, Theall LA et al. An 8-year longitudinal study of mirror self-recognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Neuropsychologia*. 2003;41(2):229-34. DOI: 10.1016/s0028-3932(02)00153-7
- 11.erculano-Houzel S, Collins CE, Wong P, Kaas JH. Cellular scaling rules for primate brains. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2007;104(9):3562-3567. DOI: 10.1073/pnas.0611396104
12. Kherkulano-Khuzel S. *Mozg: Takoy li on osobenny*. Moskva: Izdatel'stvo AST, 2019.- 288s. In Russian

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

The authors declare that they have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Боголепова Ирина Николаевна**, академик РАН, профессор, доктор медицинских наук, заведующая лабораторией цитоархитектоники и эволюции мозга Института мозга, Научный центр неврологии, Москва, Россия; e-mail: bogolepovaira@gmail.com

**Агапов Павел Алексеевич**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории цитоархитектоники и эволюции мозга Института мозга, Научный центр неврологии, Москва, Россия; e-mail: pavelscn@yandex.ru

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Irina N. Bogolepova**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Cytoarchitectonics and Brain Evolution of the Brain Institute of the Scientific Center of Neurology, Moscow, Russia; e-mail: bogolepovaira@gmail.com

**Pavel A. Agapov**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Cytoarchitectonics and Brain Evolution of the Brain Institute of the Scientific Center of Neurology, Moscow, Russia; e-mail: pavelscn@yandex.ru

**Малофеева Ирина Григорьевна**, младший научный сотрудник лаборатории цитоархитектоники и эволюции мозга Института мозга, Научный центр неврологии, Москва, Россия;  
**e-mail: mig66@mail.ru**

**Диффинэ Екатерина Алексеевна**, младший научный сотрудник лаборатории цитоархитектоники и эволюции мозга Института мозга, Научный центр неврологии, Москва, Россия;  
**e-mail: diffinenok@gmail.com**

**Курьянова Лидия Михайловна**, лаборант-исследователь лаборатории цитоархитектоники и эволюции мозга Института мозга, Научный центр неврологии, Москва, Россия;  
**e-mail: kuranovalidia540@gmail.com**

**Irina G. Malofeeva**, Junior Researcher of the Laboratory of Cytoarchitectonics and Brain Evolution of the Brain Institute of the Scientific Center of Neurology, Moscow, Russia;  
**e-mail: mig66@mail.ru**

**Ekaterina A. Diffine**, Associate Researcher of the Laboratory of Cytoarchitectonics and Brain Evolution of the Brain Institute of the Scientific Center of Neurology, Moscow, Russia; **e-mail: diffinenok@gmail.com**

**Lidiya M. Kur'yanova**, Assistant Researcher of the Laboratory of Cytoarchitectonics and Brain Evolution of the Brain Institute of the Scientific Center of Neurology, Moscow, Russia; **e-mail: kuranovalidia540@gmail.com**