

## ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОНОВ ПЕРЕДНЕТЕМЕННОЙ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА БЕЛЫХ КРЫС

Шубина О.С.<sup>1</sup>, Тельцов Л.П.<sup>2</sup>, Комусова О.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева», Саранск, Россия, e-mail: mgpi@moris.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева», Саранск, Россия

---

На экспериментальной модели исследовался цитологический состав и морфометрические показатели клеток коры головного мозга. Для выяснения этого вопроса применялось микрофотографирование гистологических срезов коры головного мозга (участки коры выделены согласно цитоархитектоническим картам) с помощью цифрового микроскопа MT 4000 Series Biological Microscope с программным обеспечением для анализа изображений Bio Vision Version 4.0. Фото съемку препаратов производили с помощью встроенной цифровой камеры при увеличении 10×10, 40×10 и 100×10. Обработка полученных цифровых данных проводилась с помощью программы Exel. Проведенные исследования позволили показать подробное цитологическое строение и морфометрические особенности параметров клеточного состава слоев переднетеменной зоны коры головного мозга крыс-самцов к моменту полового созревания.

---

Ключевые слова: головной мозг, перикарионы, нейроны коры.

## CYTOLOGICAL AND MORPHOMETRIC FEATURES NEURONS PREDNATERENNOE CORTEX OF WHITE RATS

Shubina O.S.<sup>1</sup>, Teltsov L.P.<sup>2</sup>, Komusova O.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mordovia State Pedagogical Institute named after ME Evseveva, Saransk, Russia, e-mail: mgpi@moris.ru;

<sup>2</sup>Mordovia State University NP Ogareva, Saransk, Russia

---

In an experimental model studied cytological composition and morphometric indicators, while cells of the cerebral cortex. To answer this question applied mikrofotoirotion of histological sections of the cerebral cortex (areas of the cortex are marked according tsitoarhetektonicheskim cards) with a digital microscope MT 4000 Series Biological Microscope software for image analysis «Bio Vision Version 4.0». Photography products produced with the help of the built in digital camera with an increase of 10 × 10, 40 × 10 and 100 × 10. Processing of the received digital data was performed using the program Exel. The research allowed to show detailed cytological build and morphometric characteristics of the parameters of the cell layers perednetemennoy cortex of male rats at the time of puberty.

---

Keywords: brain, perikaryons, cortical neurons.

Для полного понимания функционирования центральной нервной системы необходимо в совершенстве изучить её морфологическое строение и особенности цитологии клеток. Несмотря на многочисленные публикации в научной литературе [1-6], проблема микроскопического строения коры больших полушарий сохраняет до настоящего времени актуальность как в практической медицине, так и в теоретических исследованиях.

**Целью** исследования явилось изучение клеточного состава и морфометрических показателей слоев переднетеменной зоны коры головного мозга половозрелых крыс-самцов.

### Материалы и методы исследования

Исследования проводились на 20 белых беспородных половозрелых крысах-самцах массой 200–250 г, на 8–10-й неделе постнатального онтогенеза. Животные забивались путем декапитации под наркозом смеси эфира с хлороформом (1:1) с соблюдением принципов

гуманности, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации, и в соответствии с требованиями правил проведения работ с использованием экспериментальных животных.

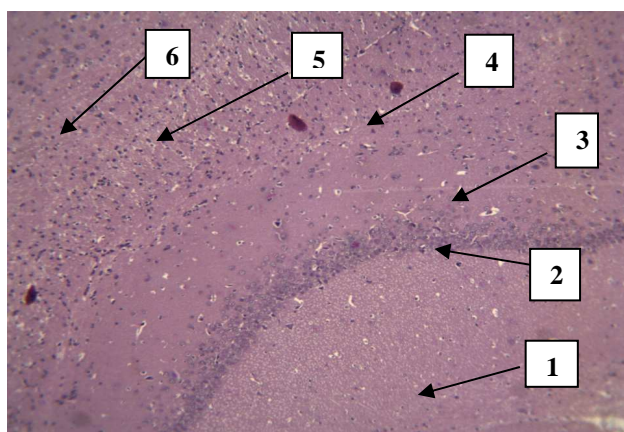
Материалом для исследования служили участки коры головного мозга крыс, выделяемые согласно цитоархитектоническим картам [1; 4]. Фиксацию мозга осуществляли 10%-ным раствором формалина, приготовленном на 0,2 М фосфатном буфере, и смесью Карнуа. При отсутствии макроскопически видимых повреждений органа делали продольный срез на уровне продолговатого мозга. Парафиновые срезы толщиной 4–5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином для обзорных целей, а для изучения цитоархитектоники – метиленовым синим по Нисслю.

Исследования препаратов проводились с помощью цифрового микроскопа МТ 4000 Series Biological Microscope с программным обеспечением для анализа изображений Bio Vision Version 4.0. Фотосъемку препаратов производили с помощью встроенной цифровой камеры при увеличении 10×10, 40×10 и 100×10. Разрешение полученных изображений 1280×1024 пикселей.

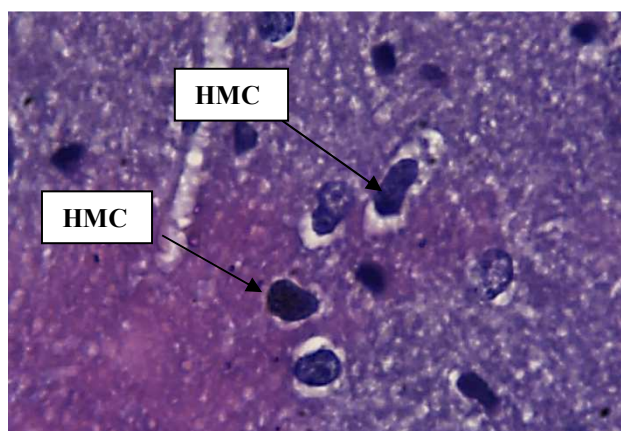
### **Результаты исследования и их обсуждение**

При гистологическом исследовании неокортекса белой крысы обнаружено 6 слоев нервных клеток, снаружи внутрь располагающиеся в следующем порядке: 1) молекулярный слой; 2) наружный зернистый слой; 3) наружный пирамидный слой; 4) внутренний зернистый слой; 5) внутренний пирамидный слой; 6) полиморфный слой (рис. 1).

Исследования показали, что молекулярный слой содержит редкие нейроны слегка вытянутой или овальной формы диаметром  $4,19 \pm 0,51$  мкм. Средняя площадь клетки составляет  $21,07 \pm 1,19$  мкм. Нейроны содержат мелкие ядра площадью  $8,24 \pm 0,53$  мкм<sup>2</sup> и диаметром  $1,36 \pm 0,23$  мкм. Цитоплазма клетки имеет мелкозернистую структуру. Основным объемом молекулярного слоя составляют отростки – аксоны и дендриты. Толщина слоя составляет  $88,44 \pm 0,94$  мкм (рис. 2, табл. 1).



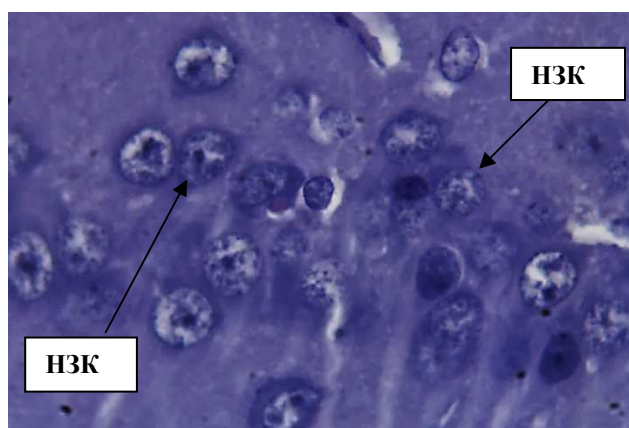
*Рис. 1. Кора больших полушарий головного мозга крыс. Окраска гематоксилином и эозином. Стрелками обозначены слои нервных клеток (снизу вверх: 1 – молекулярный; 2 – наружный зернистый; 3 – наружный пирамидный; 4 – внутренний зернистый; 5 – внутренний пирамидный; 6 – полиморфный). Ув. 10×10*



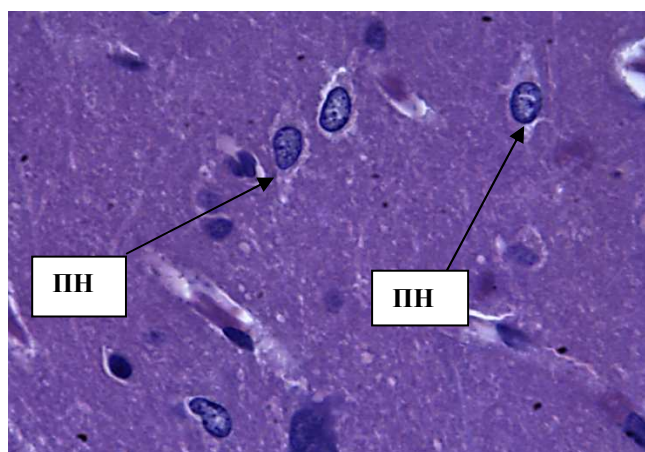
*Рис. 2. Молекулярный слой коры больших полушарий. Стрелкой обозначены нейроны молекулярного слоя коры больших полушарий (НМС). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 100×10*

Наружный зернистый слой образован крупными нейронами диаметром  $10,11 \pm 0,43$  мкм, имеющими округлую и пирамидальную форму. Средняя площадь клеток  $74,58 \pm 1,92$  мкм<sup>2</sup>. Нейроны содержат ядра слегка вытянутой или овальной формы площадью  $22,47 \pm 0,91$  мкм<sup>2</sup> и диаметром  $4,69 \pm 0,44$  мкм. Цитоплазма клетки имеет крупнозернистую структуру. Клетки расположены плотно, образуя четко отделяющийся слой, толщиной  $62,81 \pm 0,46$  мкм (рис. 3, табл. 1).

Наружный пирамидный слой представлен немногочисленными пирамидными нейронами конической формы площадью  $27,14 \pm 0,67$  мкм<sup>2</sup>, диаметром  $6,87 \pm 0,48$  мкм. Нейроны содержат мелкие ядра, имеющие округлую форму. Средняя площадь ядер слоя составляет  $8,82 \pm 0,47$  мкм<sup>2</sup>, диаметр  $4,14 \pm 0,39$  мкм. Цитоплазма клеток имеет гладкую, незернистую структуру. Толщина слоя  $119,18 \pm 1,74$  мкм (рис. 4, табл. 1).



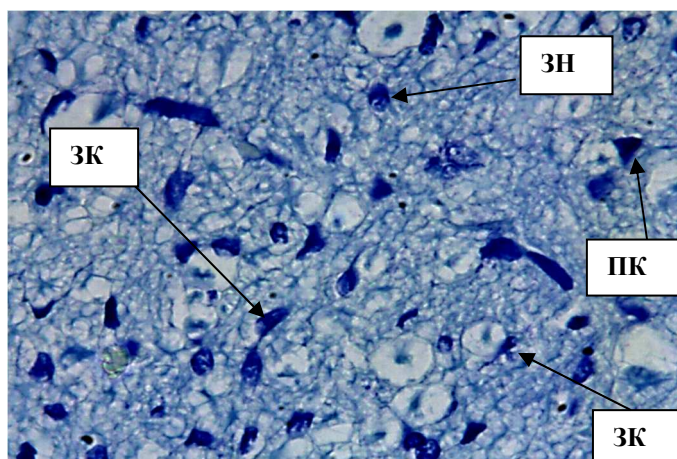
*Рис. 3. Наружный зернистый слой коры больших полушарий. Стрелкой обозначены нейроны наружного зернистого слоя (НЗК). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 100×10*



*Рис. 4. Наружный пирамидный слой коры больших полушарий. Стрелками обозначены пирамидные нейроны (ПН). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 100×10*

Внутренний зернистый слой содержит мелкие звездчатые клетки площадью  $31,60 \pm 1,14 \text{ мкм}^2$  и диаметром  $5,93 \pm 0,43 \text{ мкм}$ . Ядра перикарионов округлой формы, имеют четко выраженную структуру. Средняя площадь ядер  $8,82 \pm 0,47 \text{ мкм}^2$ , диаметр  $2,18 \pm 0,32 \text{ мкм}$ . Цитоплазма в клетке распределена равномерно, без крупных белковых включений. Толщина слоя  $664,38 \pm 0,66 \text{ мкм}$  (рис. 5, табл. 1).

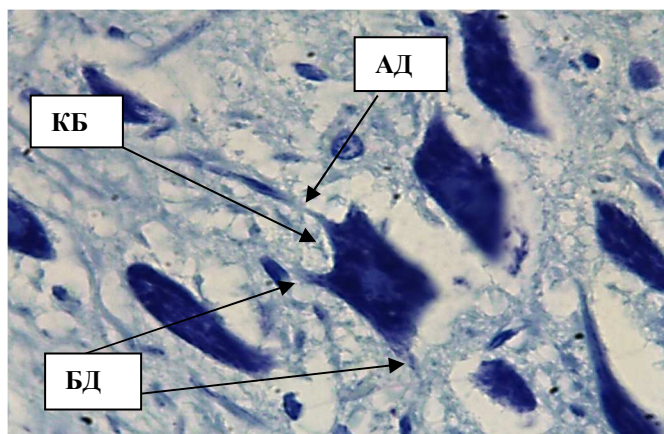
Внутренний пирамидный слой представлен крупными нейронами (клетки Беца, клетки Мейнерта) и небольшим количеством звездчатых клеток. Клетки Беца самые крупные нейроны коры площадью  $149,31 \pm 1,18 \text{ мкм}^2$  и диаметром  $13,66 \pm 0,89 \text{ мкм}$ , которые дают начало миелиновым волокнам пирамидного тракта.



*Рис. 5. Внутренний зернистый слой коры больших полушарий. Стрелкой обозначены звездчатые клетки (ЗК), пирамидные клетки (ПН), зернистые нейроны (ЗН). Окраска метиленовым синим по Нислю. Ув. 100×10*

Цитоплазма не содержит включений, ядра крупные, площадью  $28,83 \pm 0,61 \text{ мкм}^2$ , диаметром  $6,34 \pm 0,57 \text{ мкм}$ . Клетки Беца имеют длинный апикальный дендрит, выходящий из вершины пирамиды в вышележащие слои, и другие дендриты, отходящие сбоку и от основания перикариона. От основания пирамиды отходит аксон, уходящий в белое вещество (рис. 6, табл. 1). Клетки Мейнерта – достаточно крупные нейроны, локализованные на протяжении всего V слоя коры полушарий. Средняя площадь клеток  $86,13 \pm 0,96 \text{ мкм}^2$ , диаметр  $9,23 \pm 0,40 \text{ мкм}$ . Клетки имеют пирамидную форму, однако по сравнению с клетками Беца лишены крупных апикальных и боковых дендритов, их ядра относительно крупные, округлые, площадью  $16,59 \pm 0,67 \text{ мкм}^2$ . Средняя толщина внутреннего пирамидного слоя составляет  $285,61 \pm 0,99 \text{ мкм}$ . Перикарионы звездчатых нейронов имеют округлую, полигональную или треугольную форму, 9–14 мкм в диаметре (рис. 7).

Полиморфный слой образован множеством нейронов различной величины и формы, а также некоторым количеством пирамидных и зернистых нейронов (рис. 8). Клетки располагаются цепочками. Пирамидные нейроны имеют слегка вытянутую форму с заметными удлинениями, площадь которых  $71,97 \pm 1,55 \text{ мкм}^2$ . Ядра небольшие с ровной структурой, площадью  $11,83 \pm 0,45 \text{ мкм}^2$ . Зернистые нейроны имеют округло-угловатую форму размером от 74–77 мкм. Цитоплазма с крупными белковыми включениями, придающими зернистость внутреннему содержанию клетки. Ядра клеток вытянутые, площадью  $16,08 \pm 0,92 \text{ мкм}^2$ , диаметром  $5,15 \pm 0,36 \text{ мкм}$ .



*Рис. 6. Внутренний пирамидный слой коры больших полушарий. Стрелками обозначены: клетки Беца (КБ), апикальный дендрит (АД), боковые дендриты (БД). Окраска метиленовым синим по Нислю. Ув.  $100 \times 10$*

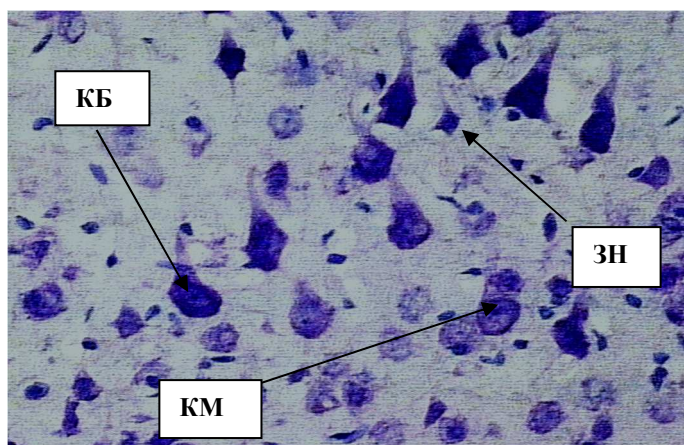


Рис. 7. Внутренний пирамидный слой коры больших полушарий. Стрелками обозначены: клетки Беца (КБ), клетки Мейнерта (КМ), звездчатые нейроны (ЗН). Окраска метиленовым синим по Нисслю. Ув. 40×10

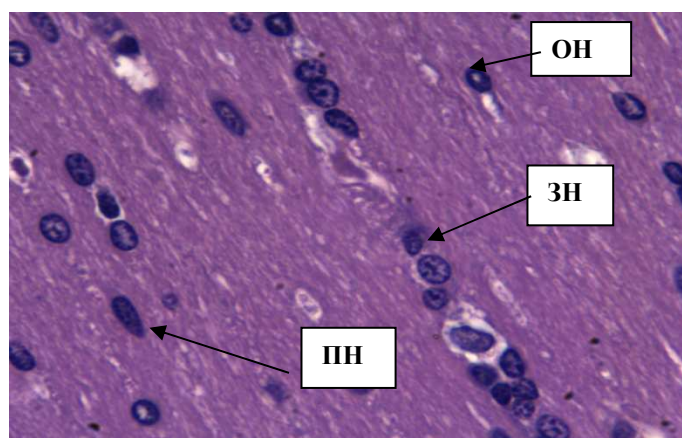


Рис. 8. Полиморфный слой коры больших полушарий. Стрелками обозначены: пирамидные нейроны (ПН), зернистые нейроны (ЗН), овальные нейроны (ОН). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 40×10

**Таблица 1**

Морфометрические показатели нейронов коры головного мозга

Показатель	Слои коры головного мозга								
	Молекулярный	Наружный зернистый	Наружный пирамидный	Внутренний зернистый	Внутренний пирамидный		Полиморфный		
					Клетки Беца	Клетки Мейнерта	Пирамидные	Зернистые	Нейроны
Площадь клетки	21,07±1,19	74,58±1,92	27,14±0,67	31,60±1,14	149,31±1,18	86,13±0,96	71,97±1,55	76,35±0,76	29,47±0,80
Диаметр клетки	4,19±0,51	10,11±0,43	6,87±0,48	5,93±0,43	13,66±0,89	9,23±0,40	7,05±0,57	9,58±0,55	6,32±0,47
Площадь ядра	8,24±0,53	22,47±0,91	8,82±0,47	4,38±0,54	28,83±0,61	16,59±0,67	11,83±0,45	16,08±0,92	8,22±0,32
Диаметр ядра	1,36±0,23	4,69±0,44	4,14±0,39	2,18±0,32	6,34±0,57	4,67±0,45	4,02±0,37	5,15±0,36	3,27±0,53
Толщина слоя	88,44±0,94	62,81±0,46	119,18±1,74	664,38±0,66	285,61±0,99		580,63±1,66		

В полиморфном слое также встречались нейроны овальной формы (ОН) с небольшим апикальным отростком, размером 28–31 мкм. Контуры клеток ровные, цитоплазма имеет пористую структуру, ядра мелкие, диаметром  $3,27 \pm 0,53$  мкм. Средняя площадь клеток  $29,47 \pm 0,80$  мкм<sup>2</sup>. Толщина полиморфного слоя составляет  $580,63 \pm 1,66$  мкм. Контуры клеток ровные, цитоплазма имеет пористую структуру, ядра мелкие (рис. 8, табл. 1). Общая толщина коры составляет 1801,05 мкм.

Таким образом, проведенные исследования позволили описать цитологическое строение и морфометрические особенности параметров клеточного состава слоев переднетеменной зоны коры головного мозга крыс-самцов к моменту полового созревания.

### Список литературы

1. Анохин П.К. Системные механизмы высшей нервной деятельности : избр. труды. – М. : Наука, 1979. – 453 с.
2. Герштейн Л.М. Морфохимические особенности нейронов гиппокампа крыс, различающихся по поведению / Л.М. Герштейн, И.М. Корнева, В.И. Рахманова // Бюл. эксперим. биологии и медицины. - 2007. – Т. 144. – № 12. – С. 696–698.
3. Калюжка В.Ю. Сравнительно-анатомическое исследование морфометрических параметров черепа, головного мозга и мозжечка у беспородных белых крыс / В.Ю. Калюжка, М.А. Маркевич // Хаб. гос. ун-т. – Хабаровск, 2013. – С. 44–45.
4. Петров А.В. Актуальные проблемы нейрогистоморфологии. Методологические аспекты / А.В. Петров, В.П. Федоров, Е.М. Болтенков // ЦНИЛ – вчера, сегодня, завтра : сб. науч. тр., посвящ. 85-летию ВГМА им. Н.Н. Бурденко и 40-летию со дня организации ЦНИЛ. – Воронеж, 2003. – С. 122–137.
5. Светухина В.М. Цитоархитектоника новой коры мозга в отряде грызунов // Архив анатомии, эмбриологии и гистологии. – 1968. – Т. 42. - № 2. – С. 31–45.
6. Paxinos G. The rat brain in stereotaxic coordinates / G. Paxinos, C. Watson. - N. Y. : Elsevier Acad. Press, 2004. – 367 p.

### Рецензенты:

Федотова Г.Г., д.б.н., профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева», г. Саранск;

Щанкин А.А., д.б.н., профессор кафедры спортивных дисциплин и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева», г. Саранск.