

УДК: 576:611.018.74:612.82:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.211

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК КАПИЛЛЯРОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА МЛЕКОПИТАЮЩИХ, НА ПРИМЕРЕ БЫКА ДОМАШНЕГО

Прусаков А.В.* – д-р ветеринар. наук, доц., зав. кафедрой внутренних болезней животных им. Синева А.В. (ORCID 0000-0001-5582-5155).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*prusakovv-av@mail.ru

Ключевые слова: эндотелий, гистогематические барьеры, головной мозг, нервная система, гематоэнцефалический барьер, гомеостаз.

Key words: endothelium, histohematic barriers, brain, nervous system, blood-brain barrier, homeostasis.

Поступила: 29.08.2024

Принята к публикации: 20.09.2024

Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В организме существует множество тканевых барьеров, работа которых во многом обусловлена строением стенки сосудов капиллярного русла. Каждый из них имеет свою структурную организацию, обуславливающую особенности транспорта веществ. Множество патологий обусловлено нарушением их проницаемости, сопряженных с изменениями состава интерстициальной среды. Именно поэтому изучение особенностей организации структур гистогематических барьеров имеет не только теоретическое, но и крайне важное практическое значение. Учитывая вышеизложенное, была поставлена цель – установить особенности ультраструктурной организации эндотелиальных клеток капилляров коры головного мозга млекопитающих, на примере быка домашнего. Исследование проводили с применением методики электронной микроскопии. Материалом послужили фрагменты тканей коры головного мозга быка домашнего. Их обработку с целью изготовления ультратонких срезов проводили по общепринятым методикам. Срезы контрастировали 2,0% водным раствором уранилацетата и раствором цитрата свинца. Фотографии ультратонких срезов получали при помощи электронного микроскопа Jem-1011 (JEOL, Япония) на увеличениях 2500-3000. Приведенные в работе термины соответствуют Международной гистологической номенклатуре. Установлено, что эндотелиоциты капилляров коры головного мозга млекопитающих представляют собой низкопрофильные клетки, имеющие полигональную форму. В их составе выявляется одно крупное сферическое ядро. Гетерохроматин в составе последнего занимает периферическую зону, за счет чего его центральная часть остается электронносветлой. Малый объем цитоплазмы, окружает тонким слоем ядро клетки. В ее составе выявляется малое число органелл и небольшое количество пиноцитозных пузырьков, что свидетельствует о низкой транспортной активности клетки.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Гистогематические барьеры лежат в основе трансапикального обмена, проходящего на уровне микроциркуляторного русла. За счет их наличия обеспечивается относительное постоянство состава и свойств тканевой жидкости, то есть создается адекватная среда для нормального функционирования клеточных элементов. В организме существует множество тканевых барьеров. Их работа во многом обусловлена строением стенки сосудов капиллярного русла. Каждый из данных сосудов имеет свою структурную организацию, обуславливающую особенности транспорта веществ. Множество патологий обусловлено нарушением их проницаемости, сопряженных с изменениями состава интерстициальной среды. Именно поэтому изучение особенностей организации структур гистогематических барьеров имеет не только теоретическое, но и крайне важное практическое значение.

Учитывая вышеизложенное, была поставлена цель – установить особенности ультраструктурной организации эндотелиальных клеток капилляров коры головного мозга млекопитающих, на примере быка домашнего.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили с применением методики электронной микроскопии. В качестве объекта исследования была выбрана ультраструктурная организация эндотелиальных клеток капилляров коры головного мозга. Материалом послужили участки тканей коры лобных долей больших полушарий головного мозга быка домашнего. Фрагменты тканей отбирали при плановом от трех особей возрастом 1,5 года, не имевших признаков поражения нервной системы. Их обработку с целью изготовления ультратонких срезов проводили по общепринятой методике. Последние получали на ультрамикротоме (LKB-III – Швеция) после чего контрастировали 2,0% водным раствором уранилacetата и раствором цитрата свинца. Фотографии ультратонких срезов получали при помощи элект-

тронного микроскопа Jem-1011 (JEOL, Япония) на увеличениях 2500-3000. Приведенные в статье термины соответствуют Международной гистологической номенклатуре.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

На полученных электроннограммах отчетливо видно, что просвет капилляров исследуемой области мозга сформирован за счет эндотелиоцитов. Последние контактируют друг с другом плотными контактами и представляют собой низкопрофильные клетки, имеющие полигональную форму. В их составе выявляется одно крупное сферическое ядро, окруженное ядерной оболочкой – кариолеммой. Последняя сформирована за счет двух липопротеиновых мембран – наружной и внутренней. Наружная обращена в сторону цитоплазмы клетки, а внутренняя в сторону ядерного матрикса. Вдоль внутренней мембраны выявляются темные конгломераты гетерохроматина, хорошо различимые на фоне светлого нуклеарного содержимого. В составе оболочки ядра иногда различимы поры, достигающих максимального диаметра до 200 нм. Местами на электроннограммах встречаются ядра с измененной сложной, удлинённой лопастной формой. За счет наличия множественных выпячиваний ядерной оболочки, заметных в виде извилин ее контуров, у таких ядер увеличивается поверхность по отношению к их внутреннему объёму, что свидетельствует о повышении физиологической активности клетки (рисунок 1).

Для эндотелиоцитов капилляров коры головного мозга характерно наличие малого объёма цитоплазмы, окружающей тонким слоем ядро. За счет этого клетка приобретает своеобразную форму. Так, центрально расположенное крупное ядро участвует в формировании самого высокого участка тела клетки. При этом его истонченная краевая зона, содержащая цитоплазму, лежит по периферии.

Можно отметить, что цитоплазма эндотелиоцитов за счет малого количества органелл и клеточных включений достаточно светлая. В ней выявляются множе-

ственные электронноплотные мелкие рибосомы, а также их агрегации – полирибосомы. При этом, каждая из рибосом представляет собой округлую гранулообразную структуру, достигающую диаметра до 30 нм.

Также в цитоплазме встречаются в небольшом количестве митохондрии имеющие светлый матрикс. Они представляют собой двухмембранные органеллы, достигающие диаметра 1,0 мкм. Наружная мембрана определяет их внешнюю округлую или округло-вытянутую форму. Внутренняя мембрана в полости органеллы формирует складки – кристы, увеличивающие поверхность для протекания биохимических реакций.

Границы клетки сформированы за счет цитоплазматической мембраны. Ее

люминальная часть обращена в сторону просвета гемокапилляра. При повышении функциональной активности она способна формировать выпячивания в сторону кровеносного русла, увеличивая поверхность для контакта с протекающей кровью. При этом, можно отметить увеличение числа пиноцитозных пузырьков в составе цитоплазмы, что говорит о повышении транспортной активности клетки.

Аблюминальная часть клетки лежит на непрерывной базальной мембране. За счет непрерывности последней капилляры коры головного мозга изученного вида животных можно отнести к непрерывному типу (рисунок 2).

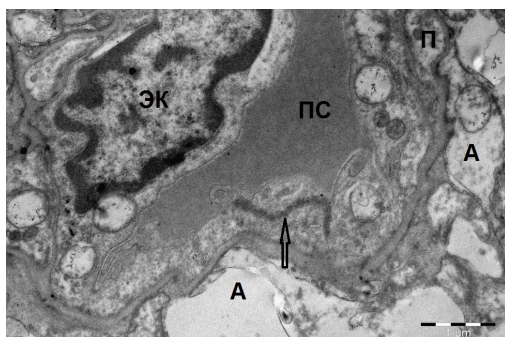


Рисунок 1 – Ультраструктура эндотелиоцита капилляра коры больших полушарий головного мозга млекопитающего в фазе активности.

Электронная микрофотография:

ЭК – эндотелиальная клетка;

П – пероцит; А – ножки астроцитов;

ПС – просвет кровеносного сосуда;

↑ – плотные контакты.

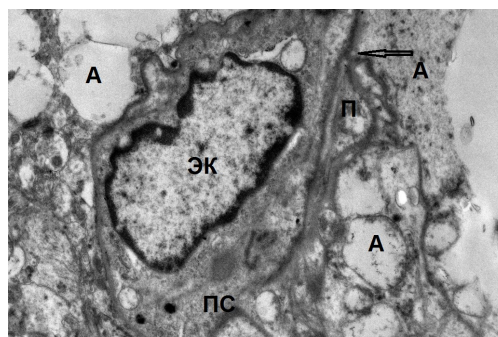


Рисунок 2 – Ультраструктура эндотелиальной клетки капилляра коры больших полушарий головного мозга быка домашнего.

Электронная микрофотография:

ЭК – эндотелиальная клетка;

П – пероцит; А – ножки астроцитов;

ПС – просвет кровеносного сосуда;

↑ – базальная мембрана.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, эндотелиоциты капилляров коры головного мозга млекопитающих представляют собой низкопрофильные клетки, имеющие полигональную форму. В их составе выявляется одно крупное сферическое ядро. Гетерохроматин в составе последнего занимает периферическую зону, за счет чего его цен-

тральная часть электронносветлая. Малый объем цитоплазмы, окружает тонким слоем ядро клетки. В ее составе выявляется малое число органелл и небольшое количество пиноцитозных пузырьков, что свидетельствует о низкой транспортной активности клетки.

FEATURES OF THE ULTRASTRUCTURAL ORGANIZATION OF ENDOTHELIAL CELLS OF THE CAPILLARIES OF THE MAMMALIAN CEREBRAL CORTEX, USING THE EXAMPLE OF A DOMESTIC BULL

Prusakov A.V. * – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Internal Diseases of Animals named after Sineva A.V. (ORCID 0000-0001-5582-5155).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*prusakovv-av@mail.ru

ABSTRACT

There are many tissue barriers in the body, the work of which is largely due to the structure of the vascular wall of the capillary bed. Each of them has its own structural organization, which determines the characteristics of the transport of substances. Many pathologies are caused by a violation of their permeability, associated with changes in the composition of the interstitial medium. That is why the study of the features of the organization of histogematic barrier structures is not only theoretical, but also extremely important in practice. Considering the above, the goal was set to establish the features of the ultrastructural organization of the endothelial cells of the capillaries of the mammalian cerebral cortex, using the example of a domestic bull. The study was carried out using the technique of electron microscopy. The material was fragments of the cerebral cortex of a domestic bull. Their processing for the production of ultrathin sections was carried out according to generally accepted methods. The sections were contrasted with a 2.0% aqueous solution of uranyl acetate and a solution of lead citrate. Photos of ultrathin sections were obtained using the Jem-1011 electron microscope (JEOL, Japan) at magnifications of 2500-3000. The terms given in the work correspond to the International Histological Nomenclature. It has been established that the endotheliocytes of the capillaries of the mammalian cerebral cortex are low-profile cells with a polygonal

shape. One large spherical core is revealed in their composition. Heterochromatin in the composition of the latter occupies the peripheral zone, due to which its central part remains electron-luminous. A small volume of cytoplasm surrounds the cell nucleus with a thin layer. It contains a small number of organelles and a small number of pinocytic vesicles, which indicates low cell transport activity.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дроздова, Л. И. Гистогематические барьеры и их роль в патологии / Л. И. Дроздова // Омский научный вестник. – 2004. – № S1-1 (26). С. 179-180.
2. Мусина, Л. А. Морфологические особенности структуры элементов гистогематических барьеров при заболеваниях слизистой оболочки рта / Г. М. Акмалова, Г. И. Ронь, Л. А. Мусина, Н. Д. Чернышева // В сборнике: Материалы тринадцатого сибирского конгресса: "Стоматология и челюстно-лицевая хирургия с международным участием"; Всероссийского симпозиума: "Новые технологии в стоматологии". – 2018. С – 20-23.
3. Прусаков, А. В. Гистогематические барьеры животных / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленовский. – Санкт-Петербург: Культурно-Просветительское Товарищество, 2022. – 46 с.
4. Прусаков, А. В. Кровоснабжение головного мозга шиншиллы длиннохвостой (*Chinchilla lanigera*) / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленовский, М. В. Щипакин [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2019. – № 2 (32). – С. 90-93.
5. Прусаков, А. В. Особенности рентгеноанатомии артериального сосудистого русла головного мозга таксы / А. В. Прусаков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2014. – Т. 218, № 2. – С. 215-220.
6. Прусаков, А. В. Сравнительная ультраструктурная организация гематоэнцефалического барьера птиц и млекопитающих / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленовский, М. В. Щипакин, Д. С. Былинская, Д. В. Васильев // Морфология – 2019 – № 6 – С.

114.

7. Семченко, В. В. Международная гистологическая номенклатура / В. В. Семченко, Р. П. Самусева, М. В. Моисеева, З. Л. Колосова // Омск: Омская медицинская академия, 1999. – 156 с.

8. Уикли, Б. Электронная микроскопия для начинающих / Б. Уикли. – Москва: Издательство «Мир», 1975 – 324 с.

9. Яшин, А. В. Особенности состояния микроциркуляторного русла и мембранного пищеварения у новорожденных теллят при диспепсии / А. В. Яшин, А. В. Прусаков // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 155-160.

10. Prusakova, A. Organization of histohematic barriers of the liver in Anglo-Nubian goat / A. Prusakova, N. Zelenevskiy, A. Prusakov [et al.] // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2023. – Vol. 13, No. 4. – P. 242-245.

11. Prusakova, A. V. Ultrastructural organization of liver hepatocytes of the Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinarski Glasnik. – 2023. – Vol. 77, No. 2. – P. 176-187.

12. Prusakova, A. V. Ultra-structural organization of the gallbladder mucous membrane of Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinary Research Forum. – 2024. – Vol. 15, No. 3. – P. 165-169.

REFERENCES

1. Drozdova, L. I. Histogematic barriers and their role in pathology / L. I. Drozdova // Omsk Scientific Bulletin. – 2004. – No. S1-1 (26), pp. 179-180.

2. Musina, L. A. Morphological features of the structure of elements of histogematic barriers in diseases of the oral mucosa / G. M. Akmalova, G. I. Ron, L. A. Musina, N. D. Chernysheva // In the collection: Materials of the Thirteenth Siberian Congress: "Dentistry and maxillofacial surgery with international participation"; All-Russian Symposium: "New technologies in dentistry". – 2018. From – 20-23.

3. Prusakov, A.V. Histogematic barriers of animals / A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky.

– St. Petersburg: Cultural and Educational Partnership, 2022. – 46 p.

4. Prusakov, A.V. Blood supply to the brain of Chinchilla long-tailed (*Chinchilla lanigera*) / A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin [et al.] // Hippology and veterinary medicine. – 2019. – № 2(32). – Pp. 90-93.

5. Prusakov, A.V. Features of X-ray anatomy of the arterial vascular bed of the dachshund brain / A.V. Prusakov // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. – 2014. – Vol. 218, No. 2. – pp. 215-220.

6. Prusakov, A.V. Comparative ultrastructural organization of the blood-brain barrier of birds and mammals / A.V. Prusakov // Morphology – 2019 – No. 6 – p. 114.

7. Semchenko, V. V. International histological nomenclature / V. V. Semchenko, R. P. Samuseva, M. V. Moiseeva, Z. L. Kolosova // Омск: Omsk Medical Academy, 1999. – 156 p.

8. Weekley, B. Electron microscopy for beginners / B. Weekley. – Moscow: Mir Publishing House, 1975 – 324 p.

9. Yashin, A.V. Features of the state of the microcirculatory bed and membrane digestion in newborn calves with dyspepsia / A.V. Yashin, A.V. Prusakov // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2021. – No. 2. – pp. 155-160.

10. Prusakova, A. Organization of histohematic barriers of the liver in Anglo-Nubian goat / A. Prusakova, N. Zelenevskiy, A. Prusakov [et al.] // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2023. – Vol. 13, No. 4. – P. 242-245.

11. Prusakova, A. V. Ultrastructural organization of liver hepatocytes of the Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinarski Glasnik. – 2023. – Vol. 77, No. 2. – P. 176-187.

12. Prusakova, A. V. Ultra-structural organization of the gallbladder mucous membrane of Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinary Research Forum. – 2024. – Vol. 15, No. 3. – P. 165-169.