

УДК: 611.161:611.81:616.12-008.331.1:619

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.337

УЛЬТРАСТРУКТУРА КАПИЛЛЯРОВ СОСУДИСТЫХ ТЕЛ ГОЛОВНОГО МОЗГА В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ВНУТРИЧЕРЕПНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

Прусаков А.В.* – д-р ветеринар. наук, доц., зав. каф. 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: внутричерепная гипертензия сосудистые тела, сплетения головного мозга, ликворная система, цереброспинальная жидкость, микроциркуляция.

Key words: intracranial hypertension vascular bodies, plexuses of the brain, cerebrospinal fluid, cerebrospinal fluid, microcirculation.

Поступила: 01.11.2024

Принята к публикации: 02.12.2024

Опубликована онлайн: 16.12.2024



РЕФЕРАТ

Внутричерепная гипертензия – часто регистрируемая патология головного мозга. В основе ее патогенеза лежат гиперсекреция и нарушение реабсорбции цереброспинальной жидкости (ликвора). Ее секреция осуществляется за счет сосудистых тел (сосудистых сплетений), являющихся производными его мягкой оболочки. По своей структуре их можно отнести к сосудисто-эпителиальным органам. Продукция ликвора зависит от функциональной активности сосудистых тел, которая в первую очередь обусловлена структурно-функциональными взаимоотношениями между их эпителиальными клетками и сосудами микроциркуляторного русла. Основным обменным звеном последнего являются капилляры, на уровне которых проходит двунаправленный транспорт веществ (из тканей в кровеносное русло и обратно)]. Поэтому интенсивность обменных процессов, протекающих в сосудистых телах при секреции ликвора, напрямую зависит от строения стенки их капилляров. Учитывая, что в основе патогенеза внутричерепной гипертензии часто лежит гиперсекреция ликвора, также противоречивость литературных данных, касающихся строения микроциркуляторного русла сосудистых тел головного мозга, была поставлена задача – установить особенности ультраструктурной организации их капилляров. Исследование проводили с применением методики электронной микроскопии. В качестве объекта была выбрана ультраструктурная организация капилляров сосудистых тел боковых желудочков мозга быка домашнего. Материал получали при плановом убое животных. Образцы тканей отбирали от пяти особей возрастом 1,5 года, не имевших признаков поражения нервной системы. Их обработку с целью изготовления ультратонких срезов проводили, руководствуясь общепринятыми методиками. Срезы контрастировали 2,0% водным раствором уранилацетата и раствором цитрата свинца и изучали на

электронном микроскопе Jem-1011 (JEOL, Япония) при увеличениях 2500-3000. При обозначении клеточных и неклеточных структур использовали терминологию, соответствующую Международной гистологической номенклатуре. Установлено, что в составе ворсин сосудистых тел встречается три типа капилляров, имеющих особенности своей структурной организации. При этом, в независимости от их морфологического типа, они выстланы фенестрированным эндотелием. В составе стенки капилляров первого типа отсутствуют перicyты. В образовании стенки капилляров второго типа принимает участие один слой перicyтов. Для стенки капилляров третьего типа характерно наличие монослоя, сформированного несколькими перicyтами, замурованными в расщепления толстой базальной мембраны. Выявленные ультраструктурные особенности архитектуры капилляров сосудистых тел головного мозга могут служить сравнительным ориентиром при оценке их морфофункционального состояния, как в норме, так и в случае возникновения артериальной гипертензии головного мозга.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Внутричерепная гипертензия – часто регистрируемая патология головного мозга. В основе ее развития лежат гиперсекреция секрета и нарушение реабсорбции цереброспинальной жидкости (ликвора) [1, 2]. Последняя представляет собой гуморальную среду центральной нервной. Ее секреция осуществляется за счет сосудистых тел (сосудистых сплетений), расположенных в желудочках мозга [3, 4, 5], которые являются производными его мягкой оболочки [6]. По своей структуре их можно отнести к сосудисто-эпителиальным органам. В их основе лежит соединительная ткань, пронизанная множеством кровеносных сосудов и нервных окончаний [7]. С поверхности их покрывает однослойный эпителий, являющийся производным эпендимы [8]. Продукция ликвора зависит от функциональной активности сосудистых тел, которая в первую очередь обусловлена структурно-функциональными взаимоотношениями между их эпителиальными клетками и сосудами микроциркуляторного русла [9]. Основным обменным звеном последнего являются капилляры, на уровне которых проходит двунаправленный транспорт веществ (из тканей в кровеносное русло и обратно) [10, 11]. Поэтому интенсивность обменных процессов, протекающих в сосудистых телах при секреции ликвора, напрямую зависит от строения стенки их капилляров. Учитывая, что в основе патогенеза внутричерепной гипертензии часто лежит гиперсекреция ликвора, также противоречивость литератур-

ных данных, касающихся строения микроциркуляторного русла сосудистых тел головного мозга, мы поставили задачу – установить особенности ультраструктурной организации их капилляров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили с применением методики электронной микроскопии. В качестве объекта была выбрана ультраструктурная организация капилляров сосудистых тел боковых желудочков мозга. Материалом послужили фрагменты тканей сосудистых тел боковых желудочков мозга быка домашнего. Материал получали при плановом убое животных. Образцы тканей отбирали от пяти особей возрастом 1,5 года, не имевших признаков поражения нервной системы. Их обработку с целью изготовления ультратонких срезов проводили, руководствуясь общепринятыми методиками [12]. Срезы контрастировали 2,0% водным раствором уранилацетата и раствором цитрата свинца и изучали на электронном микроскопе Jem-1011 (JEOL, Япония) при увеличениях 2500-3000. При обозначении клеточных и неклеточных структур использовали терминологию, соответствующую Международной гистологической номенклатуре [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Сосудистые тела представляют собой ворсинчатые образования, в основе которых лежит соединительная ткань. Их наружную выстилку образует однослойный эпителий, сформированный из крупных кубических или низкопризматиче-

ских клеток. Последние выполняют основную функцию сосудистых тел – секрецию цереброспинальной жидкости.

Доставка необходимых для ее синтеза веществ к эпителиоцитам сосудистых тел осуществляется по гемокапиллярам, проходящим в составе соединительнотканной основы органа. В составе ворсин сосудистых тел встречается три типа капилляров, имеющих особенности своей структурной организации. При этом, в независимости от их морфологического типа, они выстланы фенестрированным эндотелием.

К первому типу следует отнести капилляры, не сопровождаемые адвентициальными клетками. Их стенка сформирована за счет одного слоя эндотелиоцитов. Последние, формируя общий эндотелиальный пласт, соединяются друг с другом плотными контактами. Местами встречаются контакты по типу «замка». В цитоплазме эндотелиоцитов выявляются множество полирибосом и пузырьков, включая пиноцитозные. Также обнаруживается небольшое число митохондрий, имею-

щих округлую форму и матрикс средней электронной плотности. Под эндотелием располагается базальная мембрана, представляющая собой тонкофибриллярную структуру толщиной от 10 до 20 нм (рисунок 1).

Ко второму типу следует отнести капилляры, окруженные перицитами (рисунок 2). Перициты представляют собой адвентициальные клетки, тела и отростки которых вытянуты по ходу сосудов. Объединяясь друг с другом, они формируют сплошной слой, входящий в состав стенки гемокапилляра, который отделяется от эндотелия базальной мембраной. Последняя получает большее развитие чем в капиллярах первого типа. Перициты имеют светлую цитоплазму, в составе которой выявляются мелкие митохондрии, лизосомы и фаголизосомы, полирибосомы, короткие каналы гранулярного эндоплазматического ретикулума, иногда небольшой пластинчатый комплекс Гольджи, а также умеренное количество пиноцитозных пузырьков.

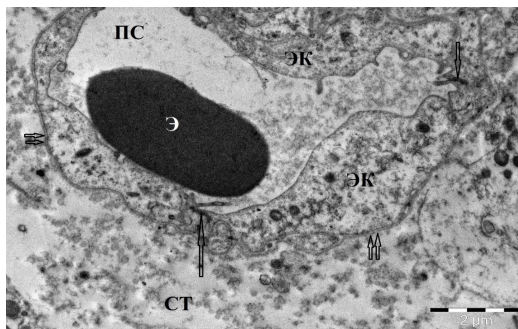


Рисунок 1 – Ультраструктура капилляра сосудистого тела бокового желудочка мозга. Электронная микрофотография: ЭК – эндотелиальная клетка; Э – эритроцит в просвете кровеносного сосуда; ПС – просвет сосуда; СТ – окружающая соединительная ткань; ↑ – плотные контакты; ↑↑ – базальная мембрана.

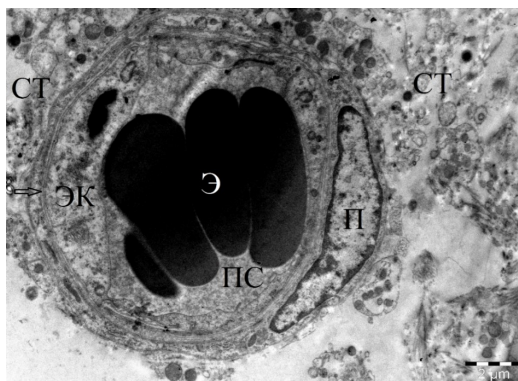
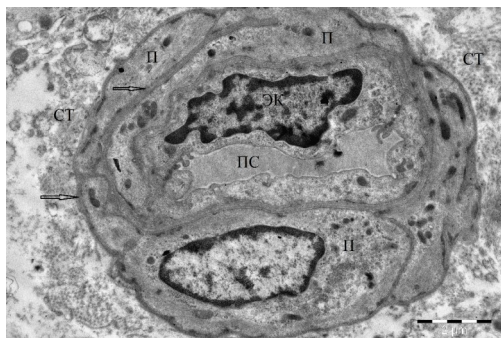


Рисунок 2 – Ультраструктура капилляра сосудистого тела бокового желудочка мозга. Электронная микрофотография: ЭК – эндотелиальная клетка; П – перицит; ПС – просвет сосуда; Э – эритроциты; СТ – окружающая соединительная ткань; ↑ – базальная мембрана.

Третий тип капилляров представляет сосуды, окруженные толстой «муфтой» из перицитов, расположенных в расщеплениях базальной мембраны (рисунок 3). Последняя достигает наибольшего развития среди всех типов капилляров и представляет собой толстый плотный фибриллярный слой. Эндотелиоциты данного типа капилляров имеют светлую цитоплазму, содержащую множество везикул и пузырьков, включая пиноцитозные, а также значительное количество рибосом и полирибосом. Помимо указанных включений обнаруживается небольшое количество мелких митохондрий и единичные



небольшие пластинчатые комплексы Гольджи. Перициты, входящие в состав стенки капилляров третьего типа по своей структурной организации схожи с миофибробластами. Это обусловлено тем, что их цитоплазма содержит множество микрофиламентов. Помимо них в ее составе различимы небольшие митохондрии с тонкими кристами и полирибосомы. Следует отметить значительное число пиноцитозных пузырьков, расположенных на внутренних мембранах перицитов, свидетельствующих об активном транспорте веществ со стороны эндотелиоцитов в сторону соединительной ткани.

Рисунок 3 – Ультраструктура капилляра сосудистого тела бокового желудочка мозга, покрытого плотной муфтой перицитов. Электронная микрофотография: ЭК – эндотелиальная клетка; П – перицит; ПС – просвет сосуда; СТ – окружающая соединительная ткань; ↑ – базальная мембрана.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, в составе ворсин сосудистых тел встречается три типа капилляров, имеющих особенности своей структурной организации. При этом, в независимости от их морфологического типа, они выстланы фенестрированным эндотелием. В составе стенки капилляров первого типа отсутствуют перициты. В образовании стенки капилляров второго типа принимает участие один слой перицитов. Для стенки капилляров третьего типа характерно наличие монослоя, сформированного несколькими перицитами, замурованными в расщепления толстой базальной мембраны. Выявленные ультраструктурные особенности архитектуры капилляров сосудистых тел головного мозга могут служить сравнительным ориентиром при оценке их морфофункционального состояния, как в норме, так и в случае возникновения артериальной гипертензии головного мозга.

ULTRASTRUCTURE OF THE CAPILLARIES OF THE VASCULAR BODIES OF THE BRAIN IN THE CONTEXT OF THE DEVELOPMENT OF INTRACRANIAL HYPERTENSION

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

Intracranial hypertension is a frequently reported pathology of the brain. Its pathogenesis is based on hypersecretion of secretion and impaired reabsorption of cerebrospinal fluid (CSF). Its secretion is carried out due to vascular bodies (vascular plexuses), which are derivatives of its soft shell. Ac-

cording to their structure, they can be attributed to vascular epithelial organs. The production of cerebrospinal fluid depends on the functional activity of vascular bodies, which is primarily due to the structural and functional relationships between their epithelial cells and vessels of the microcirculatory bed. The main metabolic link of the latter is the capillaries at the level of which the bidirectional transport of substances (from tissues to the bloodstream and back) takes place]. Therefore, the intensity of metabolic processes occurring in vascular bodies during secretion of cerebrospinal fluid directly depends on the structure of the wall of their capillaries. Considering that the pathogenesis of intracranial hypertension is often based on hypersecretion of cerebrospinal fluid, as well as the inconsistency of the literature data concerning the structure of the microcirculatory bed of the vascular bodies of the brain, the task was set to establish the features of the ultrastructural organization of their capillaries. The study was carried out using the technique of electron microscopy. The ultrastructural organization of the capillaries of the vascular bodies of the lateral ventricles of the brain was chosen as the object. The material was fragments of tissues of the vascular bodies of the lateral ventricles of the brain of a domestic bull. The material was obtained during the planned slaughter of animals. Tissue samples were taken from five individuals aged 1.5 years who had no signs of damage to the nervous system. 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 and studied on an electron microscope Jem-1011 (JEOL, Japan) at magnifications of 2500-3000. When designating cellular and non-cellular structures, terminology corresponding to the International Histological Nomenclature was used. It has been established that there are three types of capillaries in the villi of vascular bodies, which have features of their structural organization. At the same time, regardless of their morphological type, they are lined with fenestrated endothelium.

There are no pericytes in the composition of the capillary wall of the first type. One layer of pericytes participates in the formation of the capillary wall of the second type. The walls of capillaries of the third type are characterized by the presence of a monolayer formed by several pericytes embedded in the cleavages of a thick basement membrane. The revealed ultrastructural features of the architectonics of the capillaries of the vascular bodies of the brain can serve as a comparative guideline in assessing their morphofunctional state, both normally and in the case of arterial hypertension of the brain.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кривенцов М.А., Девятова Н.В. Эффект цереброспинальной жидкости на функциональное состояние лейкоцитов периферической крови облученных крыс // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2017 – Т.7, № 3. – С. 33-37.
2. Лекарственные средства, с преимущественным действием на центральную нервную систему: учебно-методическое пособие по ветеринарной фармакологии для студентов факультета ветеринарной медицины / А. М. Лунегов, Н. Л. Андреева, В. А. Барышев [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. – 55 с.
3. Физиология животных и этология / В. Г. Скопичев, Т. А. Эйсымонт, Н. П. Алексеев [и др.]. – Москва: Издательство КолосС, 2005. – 720 с.
4. Физиология животных и этология / В. Г. Скопичев, Т. А. Эйсымонт, Н. Г. Алексеев [и др.]. – Москва: Издательство КолосС, 2003. – 717 с.
5. Fisher R.G. The metabolic activity of the choroid plexus / R.G. Fisher, J.H. Copenhaver // Journal of Neurosurgery. – 1959. – Vol. 16, No. 2. – P. 167-176.
6. Зеленовский, Н. В. Анатомия животных. Неврология. Органы чувств. Особенности строения домашней птицы. Практикум: Учебное пособие для вузов / Н. В. Зеленовский, М. В. Щипакин, Д. С. Бы-

линская. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. – 128 с.

7. Зеленецкий, Н. В. Анатомия и физиология животных: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / Н. В. Зеленецкий, А. П. Васильев, Л. К. Логина. – 2-е издание, исправленное. – Москва: Академия, 2009. – 462 с. 8. Morphology of the Vascular Bodies of the Encephalon's Ventricles of Cow (Bos Taurus Taurus) / A. Prusakov, N. Zelenevskiy, M. Shchipakin [et al.] // Macedonian Veterinary Review. – 2020. – Vol. 43, No. 1. – P. 31-36.

9. Сосудистый компонент в сосудистых сплетениях желудочков головного мозга / И. Х. Гасанова, В. Н. Куница, З. Х. Гасанли [и др.] // Наука и образование: новое время. – 2018. – № 4(27). – С. 203-212.

10. Ультраструктура гематоэнцефалического барьера курицы / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленецкий, М. В. Щипакин [и др.] // Ветеринария. – 2019. – № 8. – С. 45-48.

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

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

13. Семченко, В. В. Международная гистологическая номенклатура / В. В. Семченко, Р. П. Самусева, М. В. Моисеева // Колосова – Омск, 1999. – 156 с.

REFERENCES

1. Kriventsov M.A., Devyatova N.V. Effect of cerebrospinal fluid on the functional state of peripheral blood leukocytes of irradiated rats // Crimean Journal of Experimental and Clinical Medicine. - 2017 – Vol.7, No. 3. – pp. 33-37.

2. Medicines with a predominant effect on the central nervous system: an educational and methodological manual on veterinary pharmacology for students of the Faculty of Veterinary Medicine / A.M. Lunegov, N. L. Andreeva, V. A. Baryshev [et al.]. – St. Pe-

tersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2020. – 55 p.

3. Animal physiology and ethology / V. G. Skopichev, T. A. Eysymont, N. P. Alekseev [et al.]. – Moscow: KolosS Publishing House, 2005. – 720 p.

4. Animal physiology and ethology / V. G. Skopichev, T. A. Eysymont, N. G. Alekseev [et al.]. – Moscow: KolosS Publishing House, 2003. – 717 p.

5. Fisher R.G. The metabolic activity of the choroid plexus / R.G. Fisher, J.H. Copenhaver // Journal of Neurosurgery. – 1959. – Vol. 16, No. 2. – P. 167-176.

6. Zelenevsky, N. V. Animal anatomy. Neurology. The senses. Features of the structure of poultry. Workshop: Textbook for universities / N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, D. S. Bylinskaya. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2022. – 128 p.

7. Zelenevsky, N. V. Anatomy and physiology of animals: textbook for students of educational institutions of secondary vocational education / N. V. Zelenevsky, A. P. Vasiliev, L. K. Loginova. – 2nd edition, revised. – Moscow: Akademiya, 2009. – 462 p.

8. Morphology of the Vascular Bodies of the Encephalon's Ventricles of Cow (Bos Taurus Taurus) / A. Prusakov, N. Zelenevsky, M. Shchipakin [et al.] // Macedonian Veterinary Review. – 2020. – Vol. 43, No. 1. – P. 31-36.

9. The vascular component in the vascular plexuses of the ventricles of the brain / I. H. Hasanova, V. N. Kunitsa, Z. H. Hasanli [et al.] // Science and education: new time. – 2018. – № 4(27). – Pp. 203-212.

10. Ultrastructure of the blood-brain barrier of chicken / A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin [et al.] // Veterinary medicine. – 2019. – No. 8. – pp. 45-48.

11. Yashin, A.V. Features of the state of the micro-circulatory 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.

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

13. Semchenko, V. V. International histological nomenclature / V. V. Semchenko, R. P. Samuseva, M. V. Moiseeva // Kolosova – Omsk, 1999. – 156 p.