

нуждаться в дополнительной дистанционной нейро-эндокринной регуляции супраэпендимных волокон.

Опираясь на вышесказанное, можно выделить три наиболее вероятных гипотезы о возможной функции супраэпендимного сплетения. Во-первых, отростки нейронов могут достигать клеток-мишеней не по проводящим путям нервной ткани, а вдоль стенок желудочков мозга, и роль супраэпендимных волокон в этом случае заключается в транспорте биологически активных молекул и нейрогормонов. Во-вторых, супраэпендимные структуры могут влиять на состав ЦСЖ. В-третьих, они могут обеспечивать паракринную регуляцию функционального статуса эпендимных клеток. При этом выполняемая роль супраэпендимных элементов, очевидно, регионально специфична.

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить, что синаптофизин является удобным маркером, позволяющим на световом уровне определить супраэпендимные структуры головного мозга крысы. Его наличие в супраэпендимных волокнах свидетельствует о том, что выявленные структуры обладают функциональной активностью и способны образовывать межнейронные синаптические коммуникации, либо высвобождать нейромедиатор в ЦСЖ, выполняя эндокринную регуляторную функцию.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экспериментальной медицины.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

При проведении исследования были соблюдены все применимые международные принципы использования животных. Исследование было одобрено Локальным этическим комитетом ФГБНУ «ИЭМ» (заключение № 2/22 от 06.04.2022).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛАДЕ АВТОРОВ

В.А. Разенкова: постановка иммуногистохимических реакций, анализ литературы, интерпретация результатов, работа с иллюстрациями, написание текста статьи; О.В. Кирик: планирование исследования, сбор и обработка биологического материала, фотографирование и анализ препаратов, редактирование рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Колос Е.А., Григорьев И.П., Коржевский Д.Э. 2015. Маркер синаптических контактов — синаптофизин. Морфология. Т. 147. № 1. С. 78. (Kolos E.A., Grigoriyev I.P., Kor-

zhevskiy D.E. 2015. A synaptic marker synaptophysin. Morphologija. V. 147. № 1. P. 78.)

Муртазина А.Р., Бондаренко Н.С., Пронина Т.С., Чандран К.И., Богданов В.В., Дильмухаметова Л.К., Урюмов М.В. 2021. Сравнительный анализ содержания моноаминов как нейрогормонов в ликворе и крови крыс в онтогенезе. Acta Naturae. Т. 13. № 4. С. 89. <https://doi.org/10.32607/actanaturae.11516> (Murtašina A.R., Bondarenko N.S., Pronina T.S., Chandran K.I., Bogdanov V.V., Dilmukhametova L.K., Ugrumov M.V. 2021. A comparative analysis of CSF and the blood levels of monoamines as neurohormones in rats during ontogenesis. Acta Naturae. V. 13. № 4. P. 89.)

Суфиева Д.А., Кирик О.В., Коржевский Д.Э. 2019. Астроцитарные маркеры в таницитах третьего желудочка головного мозга крысы в постнатальном онтогенезе и при старении. Онтогенез. Т. 50. № 3. С. 205. <https://doi.org/10.1134/S0475145019030066> (Sufieva D.A., Kirik O.V., Korzhevskii D.E. 2019. Astrocyte markers in the tanyocytes of the third brain ventricle in postnatal development and aging in rats. Russ. J. Dev. Biol. V. 50. P. 146.)

Урюмов М.В. 2009. Эндокринные функции мозга у взрослых млекопитающих и в онтогенезе. Онтогенез. Т. 40. № 1. С. 19. (Ugrumov M.V. 2009. Endocrine functions of brain in adult and developing mammals. Russ. J. Dev. Biol. V. 40. № 1. P. 14.)

Calhoun M.E., Jucker M., Martin L.J., Thinakaran G., Price D.L., Mouton P.R. 1996. Comparative evaluation of synaptophysin-based methods for quantification of synapses. J. Neurocytol. V. 25. P. 821. <https://doi.org/10.1007/BF02284844>

Chan-Palay V. 1976. Serotonin axons in the supra- and subependymal plexuses and in the leptomeninges; their roles in local alterations of cerebrospinal fluid and vasomotor activity. Brain Res. V. 102. P. 103. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(76\)90578-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(76)90578-3)

Cupédo R.N.J. 1977. The surface ultrastructure of the habenular complex of the rat. Anat. Embryol. V. 152. P. 43. <https://doi.org/10.1007/BF00341434>

Cupédo R.N.J., de Weerd H. 1980. Serotonergic intraventricular axons in the habenular region. Phagocytosis after induced degeneration. Anat. Embryol. V. 158. P. 213. <https://doi.org/10.1007/BF00315907>

Haemmerle C.A., Nogueira M.I., Watanabe I.S. 2015. The neural elements in the lining of the ventricular-subventricular zone: making an old story new by high-resolution scanning electron microscopy. Front. Neuroanat. V. 9. <https://doi.org/10.3389/FNANA.2015.00134>

Hámori J., Somogyi J. 1983. Differentiation of cerebellar mossy fiber synapses in the rat: a quantitative electron microscope study. J. Comp. Neurol. V. 220. P. 365. <https://doi.org/10.1002/CNE.902200402>

Janz R., Südhof T.C., Hammer R.E., Unni V., Siegelbaum S.A., Bolshakov V.Y. 1999. Essential roles in synaptic plasticity for synaptogyrin I and synaptophysin I. Neuron. V. 24. P. 687. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)81122-8](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)81122-8)

Korzhevskii D.E., Sukhorukova E.G., Kirik O.V., Grigorev I.P. 2015. Immunohistochemical demonstration of specific antigens in the human brain fixed in zinc-ethanol-formaldehyde. Eur. J. Histochem. V. 59. P. 5. <https://doi.org/10.4081/EJH.2015.2530>

- Martínez P.M., de Weerd H.* 1977. The fine structure of the ependymal surface of the recessus infundibularis in the rat. *Anat. Embryol.* V. 151. P. 241.
<https://doi.org/10.1007/BF00318929>
- Mollgard K., Wiklund L.* 1979. Serotonergic synapses on ependymal and hypendymal cells of the rat subcommissural organ. *J. Neurocytol.* V. 8. P. 445.
<https://doi.org/10.1007/BF01214802>
- Mullier A., Bouret S.G., Prevot V., Dehouck B.* 2010. Differential distribution of tight junction proteins suggests a role for tanycytes in blood-hypothalamus barrier regulation in the adult mouse brain. *J. Comp. Neurol.* V. 518. P. 943.
<https://doi.org/10.1002/CNE.22273>
- Navone F., Jahn R., Di Gioia G., Stukenbrok H., Greengard P., De Camilli P.* 1986. Protein p38: an integral membrane protein specific for small vesicles of neurons and neuroendocrine cells. *J. Cell Biol.* V. 103. P. 2511.
<https://doi.org/10.1083/JCB.103.6.2511>
- Page R.B.* 2006. Anatomy of the hypothalamo-hypophysial complex. In: *Physiology of Reproduction*. Academic Press. P. 1309.
- Rabey J.M., Hefti F.* 1990. Neuromelanin synthesis in rat and human substantia nigra. *J. Neural Transm.: Parkinson's Dis. Dementia Sect.* V. 2. P. 1.
<https://doi.org/10.1007/BF02251241>
- Richards J.G., Lorez H.P., Colombo V.E., Guggenheim R., Kiss D., Wu J.Y.* 1981. Demonstration of supra-ependymal 5-HT nerve fibres in human brain and their immunohistochemical identification in rat brain. *J. Physiol. (Paris).* V. 77. P. 219.
- Tong C.K., Chen J., Cebrián-Silla A., Mirzadeh Z., Obernier K., Guinto C.D., Tecott L.H., García-Verdugo J.M., Kriegstein A., Alvarez-Buylla A.* 2014. Axonal control of the adult neural stem cell niche. *Cell Stem Cell.* V. 14. P. 500.
<https://doi.org/10.1016/J.STEM.2014.01.014>
- Troshev D., Bannikova A., Blokhin V., Kolacheva A., Pronina T., Ugrumov M.* 2022. Striatal neurons partially expressing a dopaminergic phenotype: functional significance and regulation. *Int. J. Mol. Sci.* V. 23.
<https://doi.org/10.3390/IJMS231911054/S1>

Synaptophysin Expression by Supraependymal Structures of the Rat Brain

V. A. Razenkova^a, * and O. V. Kirik^a

^a*Institute of Experimental Medicine, St. Petersburg, 197376 Russia*

**e-mail: valeriya.raz@yandex.ru*

Supraependymal plexus in ventricular system is one of the most cryptic structures in the mammalian central nervous system. Since both the topography of supraependymal elements and their functional role remain unclear, the aim of this research was to study the distribution of supraependymal structures within the ventricular system of the rat brain with synaptic function associated marker, synaptophysin. Serial sections of Wistar rats (4–6 month, $n = 6$) forebrain were examined using immunohistochemical detection of synaptophysin and tyrosine hydroxylase. It was shown that supraependymal plexus can form on the surface of ependymal cells synaptophysin-immunopositive discrete structures, which indicates the formation of synaptic contacts. Although catecholaminergic nerve fibers were present on the ventricular surface in all studied zones, it seems that these nerve fibers may not always contain synaptophysin. Thus, it is assumed that the functional purpose of the supraependymal nerve plexus depends on its localization and can be associated whether with the regulation of ependymal cells and cerebrospinal fluid formation, or with the formation of long-range interneuronal connectivities.

Keywords: synaptophysin, ventricular system, tyrosine hydroxylase, immunohistochemistry