

**В. Н. Ильичева, Д.А. Соколов, В. В. Гундарова, К. А.Ильичева, М. В. Попов**  
**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**  
**НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГЕМАТОЭНЦЕФАЛИЧЕСКОГО БАРЬЕРА**

*ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, каф. нормальной анатомии*

**Резюме.** В результате проведенного исследования на белых беспородных половозрелых крысах-самцах, облученных  $\gamma$ -квантами  $^{60}\text{Co}$  (1,25 МэВ) в дозе 87,5 Гр, мощность – 0,86 Гр/мин.) установлено, что в древней коре головного мозга в различные сроки пострadiационного периода наблюдалась двухфазная, противоположно направленная динамика активности ЩФ в эндотелии микроциркуляторного русла пириформной зоны древней коры и хвостатого ядра обусловлена, вероятно, особенностями реактивности структур, имеющих различный филогенетический возраст.

**Ключевые слова:** древняя кора, хвостатое ядро, головной мозг, ионизирующее излучение.

**Актуальность.** В настоящее время изменения различных систем и органов под действием антропогенных факторов является актуальным [1, 3, 5, 6]. Одной из наиболее уязвимых систем – ЦНС [2, 3, 4, 7, 8, 9]. В обеспечении гомеостаза в центральной нервной системе особая роль принадлежит гематоэнцефалическому барьеру (ГЭБ), включающему структурные образования, в том числе и эндотелий сосудов. Этот компонент играет ведущую роль в патогенезе радиационного поражения [2, 4, 9].

Цель исследования явилось изучение активности щелочной фосфатазы (ЩФ) в микроциркуляторном русле филогенетически различных структур головного мозга – палеокортексе и неостриатуме.

Палеокортекс (древняя, или первичная, пириформная кора) появляется в филогенезе рано: у миноги и амфибий – первичная грушевидная область, у рептилий – препириформная область. У крысы в древней коре головного мозга выявляются эмбриональные клетки Кахаля-Рециуса. Зона «пириформной коры» у человека представлена полулунной извилиной.

Хвостатое ядро является частью стриопаллидарного комплекса □ неостриатума. Эта ассоциативная структура мозга участвует в регуляции психических процессов, имеет значение для поддержания судорожной готовности.

При действии ионизирующего излучения главной мишенью являются биологические мембраны. Особое место в поддержании стабильности функционирования мозга занимает гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), основными структурными компонентами которого являются эндотелиальные клетки, базальная мембрана, тканевые базофилы и астроцитарная муфта. В ранние сроки после облучения в структурах ГЭБ возникают морфологические изменения, которые свидетельствуют о нарушении трансэндотелиального транспорта [4, 2, 9]. Развивающиеся при этом у животных неврологические расстройства позволяют предположить возможность возникновения двигательных нарушений (церебральный синдром), обусловленных патологическими изменениями ГЭБ [4, 2, 9].

Активный транспорт через ГЭБ осуществляется при участии фермента ЩФ, локализуемого в эндотелии сосудов и служащего метаболическим индикатором лучевого поражения [4, 2, 9].

**Материал и методы исследования.** Эксперимент был проведен на базе Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины МО РФ. Крысы подвергались кранио-каудальному облучению гамма-квантами  $Co^{60}$  (1,25 МэВ). Доза облучения составила 87,5 Гр, мощность дозы – 0,86 Гр/мин. Объектами исследования служили пириформная зона древней коры головного мозга и хвостатое ядро неостриатума. Выбор участков мозга для изучения осуществлялся при помощи цитоархитектонических карт (Paxinos G., Watson C., 2004). Протокол экспериментов в разделах выбора, содержания животных и выведения их из опыта был составлен в соответствии с принципами биоэтики и правилами лабораторной практики, которые представлены в «Международных рекомендациях по проведению медико-биологических исследований с использованием животных (1985) и приказе МЗ РФ № 267 от 19.06.2003 об утверждении правил лабораторной практики». Кусочки мозга объединяли в комбинированные блоки, замораживали в твердой углекислоте, упакованными в алюминиевую фольгу. Из замороженных блоков в камере криостата приготавливали срезы толщиной 5–6 мкм. На криостатных срезах выявляли содержание (ЩФ) – маркера эндотелиального транспорта – используя реакции азосочетания с  $\alpha$ -нафтилфосфатом и прочным синим РР, после стабилизации мембран при температуре +4°C в смеси равных объемов ацетона и хлороформа. Активность ЩФ оценивалась с помощью стереологического метода точечного счета с встроенной сеткой-окуляр (объектив x40, окуляр x7). Подсчитывали число пересечений с участками сосудистой сети, дающими положительную реакцию. Количественные данные обрабатывались статистически.

**Полученные результаты и их обсуждение.** В результате проведенного исследования было установлено, что непосредственно после воздействия происходило существенное повышение активности ЩФ в эндотелии сосудов микроциркуляторного русла в пириформной зоне древней коры по сравнению с контрольной группой, что сопровождалось возрастанием плотности гранул продукта реакции. К 60-й мин. активность ЩФ была снижена в сочетании с диффузным распределением продукта реакции. Увеличение активности ЩФ в ранние сроки после облучения, свидетельствует о повышении транспортной функции эндотелиоцитов и, следовательно, проницаемости стенки сосудов в этот период.

В хвостатом ядре наблюдалась противоположная динамика активности ЩФ. Непосредственно после облучения отмечалось достоверное снижение активности ЩФ в эндотелии сосудов по сравнению с исходным значением, что проявлялось уменьшением плотности гранул продукта реакции. К 60-й мин. активность ЩФ значительно повышалась по сравнению с контролем и предыдущим сроком исследования.

В доступной литературе описаны две фазы изменения проницаемости ГЭБ в ранние сроки после  $\gamma$ -облучения головы или туловища в дозе 100 Гр: увеличение проницаемости (0-2 ч) и ее снижение (2-6 ч). Первая фаза отражает первоначальные повреждения самого ГЭБ вследствие прямых и опосредованных влияний облучения [2, 4, 9]. Вторая фаза возникает из-за перераспределения жидкости и электролитов между сосудистым руслом и тканями и, возможно, между внутриклеточным и внеклеточным пространствами. Двухфазный характер изменения проницаемости гистогематических барьеров после облучения считается закономерностью [2, 4, 9].

**Выводы.** Обнаруженная нами в раннем пострadiационном периоде двухфазная, противоположно направленная динамика активности ЩФ в эндотелии микроциркуляторного русла пириформной зоны древней коры и хвостатого ядра обусловлена, вероятно, особенностями реактивности структур, имеющих различный филогенетический возраст.

**Литература.**

1. Алексеева Н.Т. Модифицирующее действие антиоксиданта  $\alpha$ -токоферола на надпочечные железы хронически алкоголизированных крыс / Н.Т. Алексеева, А.Г. Кварацхелия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 5. – С. 156–158.
2. Возрастная экологическая нейроморфология ЦНС при действии малых доз ионизирующего излучения / В.П.Федоров [и др.] // Морфология. – 2008. –Т. 133, № 2. – С. 142.
3. Гундарова О.П. Изучение биофизических основ реакции нейронов мозжечка на малые радиационные воздействия / О.П. Гундарова, В.П. Федоров, А.Г. Кварацхелия // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2014. – Т. 3, № 4. – С. 19–24.
4. Ильичева В.Н. Характеристика филогенетически различных отделов коры головного мозга крыс после облучения/В.Н.Ильичева, Б.Н.Ушаков//Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. –2012.–№2.– С. 85-89.
5. Кварацхелия А.Г. Морфологическая характеристика тимуса и селезенки при воздействии факторов различного происхождения / А.Г. Кварацхелия, С.В. Клочкова, Д.Б. Никитюк, Н.Т. Алексеева // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2016. – Т. 5, № 3. – С. 77–83.
6. Кварацхелия А.Г. Морфофункциональная характеристика коры надпочечных желез крыс при пролонгированной алкогольной интоксикации и применении антиоксидантов / А.Г. Кварацхелия. дис... канд. биол. Новосибирск, 2013. 129 с.
7. Маслов Н.В. Влияние малых доз ионизирующего излучения на активность дегидрогеназ в нейронах теменной коры головного мозга крыс / Н.В. Маслов, А.Г. Кварацхелия, О.П. Гундарова, Н.В. Сгибнева // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2013. – Т. 2, № 1. – С. 31–34.
8. Насонова Н.А. Структурно-функциональная характеристика стриопаллидарной системы при облучении ионизирующим излучением в малых дозах/Н.А.Насонова, Д.А.Соколов //Журнал анатомии и гистопатологии. –2013.–Т.2.№1(5).– С. 43-45.
9. Общие закономерности морфофункциональной изменчивости центральной нервной системы при действии различных доз ионизирующего излучения / А.В.Петров [и др.] // Морфология. – 2009. – Т. 136, № 4. – С. 113.

**Abstract.**

**V.N. Il'icheva, D.A. Sokolov, V.V. Gundarova, K.A. Ilicheva, M.V. Popov  
INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON PERMEABILITY OF  
HEMATOENCEFALIC BARRIER**

**Voronezh State Medical University, Dep. of Normal Human Anatomy Voronezh, Russia**

As a result of the study, white mongrel mature male rats, irradiated with Co60 (1.25 MeV)  $\gamma$ -rays at a dose of 87.5 Gy and a power of 0.86 Gy / min.) Were found to be in various forms in the ancient cortex of the brain the period of the postradiation period was observed in a two-phase, oppositely directed dynamics of activity of the AF in the endothelium of the microcirculatory channel of the pyriform zone of

the ancient cortex and the caudate nucleus is probably due to the features of the reactivity of structures having a different phylogenetic age.

**Keywords:** ancient cortex, caudate nucleus, brain, ionizing radiation.

**References.**

1. Alekseeva N.T. Modifying effect of the antioxidant  $\alpha$ -tocopherol on the adrenal gland of chronically alcoholized rats / N.T. Alekseeva, A.G. Kvaratskheliya // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. – 2013. – № 5. – P. 156–158.
2. Age-related ecological neuromorphology of the central nervous system under the action of small doses of ionizing radiation / V.P. Fedorov [et al.] // *Morphology*. – 2008. – Vol. 133, № 2. – P. 142.
3. Gundarova O.P. Study of the biophysical basis of the response of the cerebellar neurons to small radiation effects / O.P. Gundarova, V.P. Fedorov, A.G. Kvaratskheliya // *Journal of Anatomy and Histopathology*. – 2014. – Vol. 3, № 4. – P. 19–24.
4. Il'icheva V.N. Characteristics of phylogenetically different parts of the cerebral cortex after irradiation / V.N. Il'icheva, B.N. Ushakov // *Russian Medical and Biological Herald academician I.P. Pavlova*. – 2012. № 2. – P. 85-89.
5. Kvaratskheliya A.G. Morphological characteristics of the thymus and spleen under the influence of factors of different origin / A.G. Kvaratskheliya, S.V. Klochkova, D.B. Nikityuk, N.T. Alexeeva // *Journal of Anatomy and Histopathology*. – 2016. – Vol. 5, № 3. – P. 77-83.
6. Kvaratskheliya A.G. Morphofunctional characteristics of the adrenal cortex of rats with prolonged alcohol intoxication and the use of antioxidants / A.G. Kvaratskheliya. dis... cand. biol. Sci. Novosibirsk, 2013. 129 p.
7. Maslov N.V. Influence of small doses of ionizing radiation on the activity of dehydrogenases in the neurons of the parietal cortex of rat brain / N.V. Maslov, A.G. Kvaratskheliya, O.P. Gundarova, N.V. Sgibneva // *Journal of Anatomy and Histopathology*. – 2013. – Vol. 2, № 1. – P. 31–34.
8. Nasonova N.A. Structural and functional characteristics of the striopallidal system under irradiation with ionizing radiation in small doses / NA Nasonova, D.A. Sokolov // *Journal of Anatomy and Histopathology*. – 2013. – Vol.2, №1 (5). – P. 43–45.
9. General regularities of morphofunctional variability of the central nervous system under the action of various doses of ionizing radiation / A.V. Petrov [et al.] // *Morphology*. – 2009. – Vol. 136, № 4. – С. 113.

**Сведения об авторах:** В. Н. Ильичева, Д.А. Соколов, В.В. Гундарова, К.А. Ильичева, М.В. Попов – ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, каф. нормальной анатомии.