

## ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПАЛЕОСТРИАТУМА

Н.А. НАСОНОВА, Д.А. СОКОЛОВ, А.Г. КВАРАЦХЕЛИЯ, О.П. ГУНДАРОВА, А.М. КАРАНДЕЕВА,  
Н.Н. ПИСАРЕВ, Н.В. МАСЛОВ, В.Н. ИЛЬИЧЕВА

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава  
России, ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, 394036, Россия, e-mail: nata.nasonova.79@mail.ru

**Аннотация.** Проблема оценки морфофункционального состояния различных отделов головного мозга после воздействия различных режимов облучения имеет важное научно-практическое значение для регламентации и санитарно-гигиенического нормирования использования ионизирующего излучения в лечебных целях и в различных производственных отраслях. Изучение морфофункционального состояния элементов стриопаллидарной системы при действии ионизирующего излучения позволит установить степень выраженности нарушений в функциональных системах контроля двигательных функций. Имеющиеся к настоящему времени данные о морфологических изменениях компонентов различных отделов нервной системы при действии ионизирующего излучения лишь в общих чертах отражают характер компенсаторно-приспособительных, деструктивных и реактивных реакций. При этом надо учитывать, что стриопаллидарная система играет большую роль в регуляции моторики, а также в контроле сложных психических процессов, таких как формирование внимания и восприятия, памяти и эмоционально-мотивационных реакций, а также в организации сложных форм поведения. **Цель исследования** – изучение влияния ионизирующего излучения в дозе 0,5 Гр на структуры палеостриатума согласно различным срокам пострадиационного периода. Материалом для исследования явилась часть стриопаллидарной системы (бледный шар). **Материалы и методы исследования** включали в себя различные гистологические методики, позволяющие оценить состояние нервных клеток с различными формами морфологической изменчивости. **Результаты и их обсуждение.** После воздействия ионизирующего излучения на структуры палеостриатума, нами выделено 3 стадии пострадиационного периода. Первый период характеризовался уменьшением относительного числа нормохромных нейроцитов и увеличением количества гипохромных, гиперхромных нервных клеток, а также пикноморфных и клеток-теней. Во время второго периода нами установлены умеренно выраженные деструктивные изменения, проявляющиеся в виде коагуляционного и колликвационного нейрононекрозов. В течение 3-го периода отмечалась относительная нормализация клеточного состава. **Выводы.** Однократное воздействие ионизирующего излучения в дозе 0,5 Гр в различные сроки пострадиационного периода вызывает в нейроцитах палеостриатума комплекс однотипных неспецифических пограничных, деструктивных и адаптационных изменений, имеющих фазный характер. Таким образом, проблема морфологической оценки функционального состояния центральной нервной системы и, в частности, клеток палеостриатума в ранние и отдаленные сроки после воздействия малых уровней ионизирующих излучений имеет важное научно-практическое значение.

**Ключевые слова.** Ионизирующее излучение, малые дозы, стриопаллидарная система, нейроцит, бледный шар.

## INFLUENCE OF SINGLE IONIZING RADIATION ON STRUCTURAL COMPONENTS OF PALEOSTRIATUM

N.A. NASONOVA, D.A. SOKOLOV, A.G. QUARATSKHELIA, O. P. GUNDAROVA,  
A.M. KARANDEEVA, N.N. PISAREV, N.V. MASLOV, V.N. IL'ITCHEVA

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko of the Ministry of Health of Russia,  
Studencheskaya Str., 10, Voronezh, 394036, Russia, e-mail: nata.nasonova.79@mail.ru

**Abstract.** The problem of assessing the morphological and functional state of various parts of the brain after exposure to various irradiation regimes is of great scientific and practical importance for the regulation and sanitary and hygienic standardization of the use of ionizing radiation for medical purposes and in various industrial sectors. The study of the morphofunctional state of the elements of the striopallidal system under the action of ionizing radiation will make it possible to establish the severity of impairments in the functional systems for controlling motor functions. The data available to date on morphological changes in the components of various parts of the nervous system under the action of ionizing radiation only in general terms reflect the nature of compensatory-adaptive, destructive and reactive reactions. It should be borne in mind that the striopallidal system plays an important role in the regulation of motor skills, as well as in the control of complex mental processes,

such as the formation of attention and perception, memory and emotional-motivational reactions, as well as in the organization of complex forms of behavior. **The research purpose** is to study the effect of ionizing radiation at a dose of 0.5 Gy on the structures of the paleostriatum according to different periods of the post-radiation period. The material for the study was a part of the striopallidal system (pallidus). **Materials and research methods** included various histological techniques to assess the state of nerve cells with various forms of morphological variability. **Results and its discussion.** After the effect of ionizing radiation on the structures of the paleostriatum, we have identified 3 stages of the post-radiation period. The first period was characterized by a decrease in the relative number of normochromic neurocytes and an increase in the number of hypochromic, hyperchromic nerve cells, as well as pyknomorphic and shadow cells. During the second period, we established moderately pronounced destructive changes, manifested in the form of coagulation and colliquation neuro-necrosis. During the third period, a relative normalization of the cellular composition was noted. **Conclusions.** A single exposure to ionizing radiation at a dose of 0.5 Gy at different times of the post-radiation period causes in the neurocytes of the paleostriatum a complex of the same type of nonspecific boundary, destructive and adaptive changes that have a phase nature. Thus, the problem of morphological assessment of the functional state of the central nervous system and, in particular, of the cells of the paleostriatum in the early and long term after exposure to low levels of ionizing radiation is of great scientific and practical importance.

**Keywords.** Ionizing radiation, small doses, striopallidal system, neurocyte, pallidum.

**Актуальность.** Важность данного исследования обусловлена необходимостью изучения характера структурно-функциональных перестроек, наступающих в различных отделах центральной нервной системы под влиянием антропогенных факторов [1]. Важное значение при этом приобретает изучение структурных основ изменчивости головного мозга, осуществляющего в организме интегративную функцию [2].

**Цель исследования.** В данной работе коллектив авторов анализирует данные, полученные при облучении ионизирующим излучением в дозе 0,5 Гр ядер стриопаллидарной системы, в частности бледного шара.

**Материалы и методы исследования.** Эксперимент выполнен в ГНИИИ ВМ МО РФ на половозрелых беспородных крысах-самцах, которых содержали в виварии оборудованном согласно требованиям «Санитарных правил по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)» за № 1045-73. Животных содержали при постоянной комнатной температуре (20-22°C), интенсивности освещения 32-65 люкс на уровне клеток, при 14-часовом световом дне, свободном доступе к стандартной еде и воде. Исследования проводили в соответствии с правилами проведения работ и экспериментальных животных (Приказ Минвуза от 13 ноября 1984 г. №724). По условиям эксперимента крысы были разделены на 31 группу по 6 особей в каждой. Животные подвергались общему равномерному однократному гамма-облучению в дозе 0,5 Гр. Эвтаназия животных осуществлялась декапитацией спустя 1,7 ч; 5,0 ч; 1; 3; 7; 14; 30 сут., 6 мес., 1 г. и 1,5 г. после воздействия. Материалом служила стриопаллидарная система головного мозга. Объектом исследования явились клетки бледного шара, изучение которых производили на фронтальных срезах головного мозга крыс. Кусочки мозга фиксировали в 10%-ом растворе формалина, приготовленном на 0,2 М фосфатном буфере с последующей заливкой в парафин. Обзорные срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Более детальную характеристику состояния нервных клеток получали при окрашивании препаратов толуидиновым синим, по методу Ниссля. Производили подсчет нейроцитов с различными формами морфологической изменчивости, которые выявляли в соответствии с классификацией, представленной ранее [8].

**Результаты и их обсуждение.** Пострадиационный период после однократного облучения включает 3 стадии: период начальных проявлений (до 5 ч), период выраженных изменений (до 14-х сут.) и период нормализации (до 1,5 лет). Во время 1-го периода отмечалось уменьшение относительного числа нормохромных нейроцитов (40,68% в клетках бледного шара) и увеличение количества гипохромных (до 17,5%), гиперхромных (до 39,1%), пикноморфных (до 1,9%) и клеток-теней (до 0,82% соответственно) [3] (рис.). Таким образом, во время периода начальных проявлений в нейронах палеостриатума преобладают изменения, сопровождающиеся незначительным снижением биоэнергетических процессов [4]. Кроме того, наличие клеток с деструктивными изменениями, проявляющимися уже в ранние сроки после воздействия, свидетельствует о высокой чувствительности нервной системы к действию ионизирующего излучения [5]. Во время второго периода наблюдались выраженные патологические изменения в виде уменьшения числа нормохромных нейроцитов (до 40,2%), повышение количества гипохромных (до 28,3%), гиперхромных (до 29,46%), пикноморфных (до 1,3%) и клеток-теней (до 0,84% соответственно). Таким образом, во 2-м периоде в нейронах палеостриатума возникают умеренно выраженные деструктивные изменения, проявляющиеся в виде коагуляционного и колликативного нейрононекрозов [6].

Во время 3-го периода число всех типов клеток палеостриатума приближается к контрольным показателям, что свидетельствует об относительной нормализации клеточного состава [7].

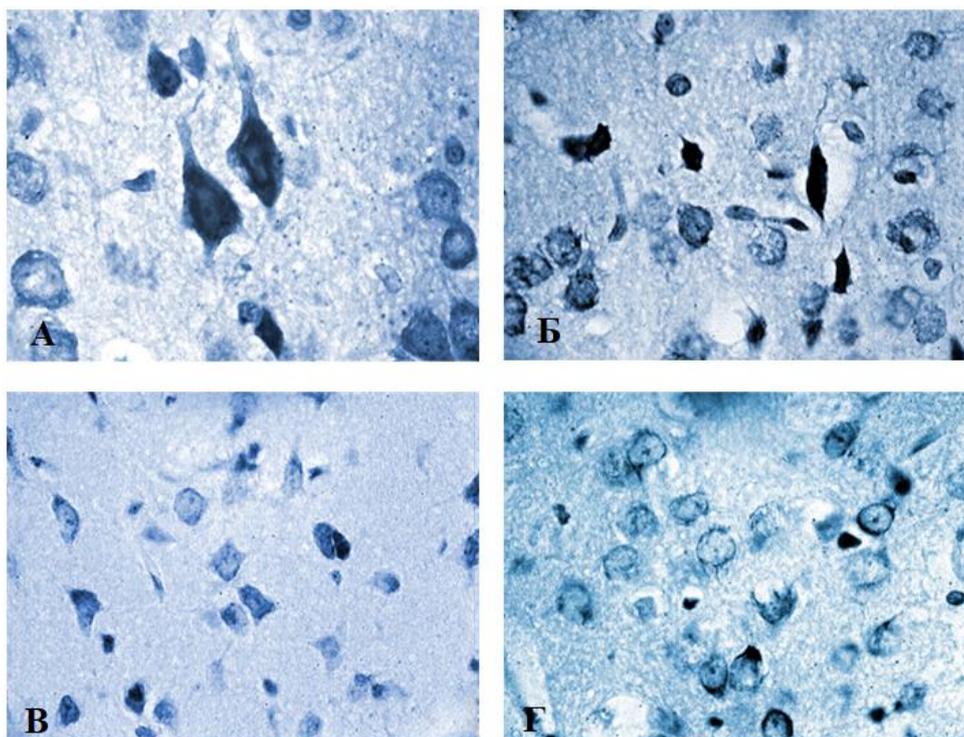


Рис. Нейроны бледного шара на различных сроках после облучения в дозе 0,5 Гр. Обозначения: А – контроль; Б – через 5 часов после облучения; В – через 14 сут. после облучения, Г – через год после облучения. Окраска толуидиновым синим по Нисслю. Ув. 400.

**Выводы.** Однократное общее облучение ионизирующим излучением в дозе 0,5 Гр с поглощенной мощностью 50 сГр/ч в различные сроки пострадиационного периода вызывает в нейронах палеостриатума комплекс однотипных неспецифических пограничных, деструктивных и адаптационных изменений, имеющих фазный характер [8]. В период восстановления преобладают компенсаторно-приспособительные изменения [9], заключающиеся в расширении объема физиологической изменчивости нейроцитов [10], отражающее различные уровни функциональной активности клеток, развивающейся по гипо-, нормо- и гиперхромному типам [11].

#### Литература

1. Гундарова О.П., Двурекова Е.А., Федоров В.П. Радиационно-индуцированные изменения нуклеиновых кислот нейронов мозжечка // Журнал анатомии и гистопатологии. 2019. Т. 8, № 3. С. 26–34.
2. Гундарова О.П., Федоров В.П., Кварацхелия А.Г., Маслов Н.В. Радиационно-индуцированные изменения содержания белка в нейронах головного мозга // Журнал анатомии и гистопатологии. 2020. Т. 9, № 2. С. 17–25. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-2-17-25
3. Емельянчик С.В., Карнюшко О.А., Зиматкин С.М. Нейроглобин в нейронах лобной и теменной коры головного мозга белых крыс при холестазах // Журнал анатомии и гистопатологии. 2020. Т. 9, № 1. С. 24–29. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-1-24-29
4. Ишунина Т.А., Боголепова И.Н., Свааб Д.Ф. Морфофункциональные изменения и компенсаторные механизмы в головном мозге человека при старении и болезни Альцгеймера // Журнал анатомии и гистопатологии. 2020. Т. 9, № 1. С. 77–85. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-1-77-85
5. Карандеева А.М., Кварацхелия А.Г., Насонова Н.А., Соболева М.Ю. Изменения нейроноглиальных соотношений базальных ядер головного мозга при старении на примере хвостатого ядра // Клиническая геронтология. 2019. Т. 25, № 9-10. С. 51.
6. Насонова Н.А., Алексеева Н.Т., Кварацхелия А.Г., Соколов Д.А., Ильичева В.Н., Анохина Ж.А., Маслов Н.В., Гундарова О.П., Минасян В.В. Однократное воздействие малыми дозами ионизирующего излучения приводит к морфофункциональным изменениям в хвостатом ядре головного мозга // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. № 4. Публикация 3-21. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-4/3-21.pdf> (дата обращения: 20.07.2018).
7. Насонова Н.А., Алексеева Н.Т., Соколов Д.А., Кварацхелия А.Г., Писарев Н.Н., Заварзин А.А., Фетисов С.О., Лопатина Л.А. Изменения нейронного и глиального состава бледного шара в различные сроки пострадиационного периода // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25, № 3. С. 187–193.
8. Насонова Н.А., Кварацхелия А.Г., Соколов Д.А., Карандеева А.М., Анохина Ж.А. Структурно-функциональные изменения клеток бледного шара при воздействии малых доз ионизирующего излучения // Асимметрия. 2018. Т. 12, № 4. С. 602–604.

9. Насонова Н.А., Соколов Д.А., Анохина Ж.А., Лопатина Л.А. Реакция нейронов хвостатого ядра на однократное облучение в дозе 0,5 гр с различной мощностью дозы // Морфология. 2018. Т. 153, № 3. С. 196.

10. Панкрашова Е.Ю., Федоров А.В., Дробленков А.В. Реактивные изменения клеток лимбической коры мозга при отравлении этанолом, алкогольной абстиненции и хронической алкогольной интоксикации у человека // Журнал анатомии и гистопатологии. 2020. Т. 9, № 2. С. 66–75. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-2-66-75

11. Соколов Д.А., Насонова Н.А., Ильичева В.Н. Изменения нейроно-глиальных отношений в хвостатом ядре при действии фракционированного облучения в дозе 0,5 гр в различные сроки пострадиационного периода // Асимметрия. 2018. Т. 12, № 4. С. 472–475.

### References

1. Gundarova OP, Dvurekova EA, Fedorov VP. Radiacionno-inducirovannye izmeneniya nukleinovyh kislot neyronov mozzhechka [Radiation-induced changes in nucleic acids of cerebellar neurons]. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2019;8(3):26-34. Russian.

2. Gundarova OP, Fedorov VP, Kvarachelija AG, Maslov NV. Radiacionno-inducirovannye izmeneniya sodержaniya belka v neyronah golovnogo mozga [Radiation-induced changes in protein content in brain neurons]. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2020;9(2):17-25. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-2-17-25 Russian.

3. Emel'janichik SV, Karnjushko OA, Zimatkin SM. Neiroglobin v neyronah lobnoj i temen-noj kory golovnogo mozga belyh kryс pri holestaze [Neuroglobin in neurons of the frontal and parietal cerebral cortex of white rats with cholestasis]. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2020;9(1):24-9. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-1-24-29 Russian.

4. Ishunina TA, Bogolepova IN, Svaab DF. Morfofunkcional'nye izmeneniya i kompensatornye mehanizmy v golovnom mozge cheloveka pri starenii i bolezni Al'cgejmера [Morphofunctional changes and compensatory mechanisms in the human brain during aging and Alzheimer's disease]. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2020;9(1):77-85. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-1-77-85 Russian.

5. Karandeeva AM, Kvarachelija AG, Nasonova NA, Soboleva MJu. Izmeneniya neyrono-glijal'nyh sootnoshenij bazal'nyh jader golovnogo mozga pri starenii na primere hvostatogo jadra [Changes in the neuron-gliar ratios of the basal nuclei of the brain during aging on the example of the caudate nucleus]. Klinicheskaja gerontologija. 2019;25(9-10):51. Russian.

6. Nasonova NA, Alekseeva NT, Kvarachelija AG, Sokolov DA, Il'icheva VN, Anohina ZhA, Maslov NV, Gundarova OP, Minasjan VV. Odnokratnoe vozdejstvie malymi dozami ionizirujushhego izlucheniya privodit k morfofunkcional'nym izmenenijam v hvostatом jadre golovnogo mozga [Single exposure to small doses of ionizing radiation leads to morphofunctional changes in the caudate nucleus of the brain]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. Jelektronnoe izdanie. 2018 [cited 2018 July 20];4 [about 5 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-4/3-21.pdf>.

7. Nasonova NA, Alekseeva NT, Sokolov DA, Kvarachelija AG, Pisarev NN, Zavarzin AA, Fetisov SO, Lopatina LA. Izmeneniya neyronnogo i glijal'nogo sostava blednogo shara v razlichnye sroki postradiacionnogo perioda [Changes in the neural and gliar composition of the pale globe in different periods of the radiation period]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2018;25(3):187-93. Russian.

8. Nasonova NA, Kvarachelija AG, Sokolov DA, Karandeeva AM, Anohina ZhA. Strukturno-funkcional'nye izmeneniya kletok blednogo shara pri vozdejstvii malyh doz ionizirujushhego izlucheniya [Structural and functional changes of pale globe cells under the influence of low doses of ionizing radiation]. Asimmetrija. 2018;12(4):602-4. Russian.

9. Nasonova NA, Sokolov DA, Anohina ZhA, Lopatina LA. Reakcija neyronov hvostatogo jadra na odнократное облучение в дозе 0,5 гр с различной мощностью дозы [Reaction of caudate nucleus neurons to single irradiation at a dose of 0.5 gy with different dose rates]. Morfologija. 2018;153(3):196. Russian.

10. Pankrashova EJu, Fedorov AV, Drobленков AV. Reaktivnye izmeneniya kletok limbicheskoy kory mozga pri otravlenii jetanolom, alkohol'noj abstinencii i hronicheskoy alkohol'noj intoksikacii u cheloveka [Reactive changes in cells of the limbic cortex of the brain during ethanol poisoning, alcohol withdrawal and chronic alcohol intoxication in humans]. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2020;9(2):66-75. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-2-66-75 Russian.

11. Sokolov DA, Nasonova NA, Il'icheva VN. Izmeneniya neyrono-glijal'nyh otnoshenij v hvostatом jadre pri dejstvii frakcionirovannogo oblucheniya v doze 0,5 гр в различные сроки пострадиационного периода [Changes in neuron-gliar relations in the caudate nucleus under the action of fractionated irradiation at a dose of 0.5 gy at various times of the radiation period]. Asimmetrija. 2018;12(4):472-5. Russian.

### Библиографическая ссылка:

Насонова Н.А., Соколов Д.А., Кварачхелия А.Г., Гундарова О.П., Карандеева А.М., Писарев Н.Н., Маслов Н.В., Ильичева В.Н. Влияние однократного ионизирующего излучения на структурные компоненты палеостриатума // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. №6. Публикация 3-12. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-6/3-12.pdf> (дата обращения: 22.12.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-6-3-12\*

### Bibliographic reference:

Nasonova NA, Sokolov DA, Quaratskhelia AG, Gundarova OP, Karandeeva AM, Pisarev NN, Maslov NV, Il'icheva VN. Vlijanie odнократного ionizirujushhego izlucheniya na strukturnye komponenty paleostriatuma [Influence of single ionizing radiation on structural components of paleostriatum]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2021 [cited 2021 Dec 22];6 [about 4 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-6/3-12.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-6-3-12\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-6/e2021-6.pdf>